

№ 9035.2

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАВИГАЦИИ И ОКЕАНОГРАФИИ

ПРАКТИЧЕСКОЕ КОРАБЛЕВОЖДЕНИЕ

КНИГА ВТОРАЯ



1988

№ 9035.2

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАВИГАЦИИ И ОКЕАНОГРАФИИ

ПРАКТИЧЕСКОЕ КОРАБЛЕВОЖДЕНИЕ

для командиров кораблей, штурманов
и вахтенных офицеров

КНИГА ВТОРАЯ

Ответственный редактор
адмирал А. П. Михайловский

1 9 8 8

ПРЕДИСЛОВИЕ

В управлении кораблем командиру помогает весь экипаж и в первую очередь штурман и вахтенный офицер. Поэтому эта книга предназначена как для командиров кораблей, так и для штурманов и вахтенных офицеров.

Научиться по книге управлять кораблем невозможно. Необходим длительный опыт плавания и управления кораблем, чтобы стать знающим командиром, умеющим правильно оценить обстановку. В книге невозможно охватить все многообразие морской службы и ситуаций реальных условий плавания, однако приведенные в ней рекомендации могут помочь командирам, а также офицерам, которые мечтают и еще только готовятся стать командирами кораблей, находить решения, наиболее полно соответствующие сложившейся обстановке. Эти рекомендации базируются на многолетнем опыте нескольких поколений командиров кораблей, проверивших их неоднократно в различной обстановке.

В книге изложены методы расчета маневра корабля и соединения кораблей при ведении боевых действий без теоретического обоснования, за исключением тех случаев, когда обоснование способа маневрирования в известной литературе отсутствует. Наряду с графическим и аналитическим методами приведены программы для расчета маневра с помощью программируемых микрокалькуляторов типа «Электроника БЗ-34». Излагаемый материал иллюстрируется значительным количеством примеров.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

РАЗДЕЛ I

ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНЕВРАМИ КОРАБЛЯ

Глава 1. Управляемость корабля	7
§ 1.1. Общие понятия об управляемости	7
§ 1.2. Средства обеспечения управляемости	8
§ 1.3. Факторы, влияющие на управляемость корабля	17
§ 1.4. Циркуляция корабля	21
§ 1.5. Особенности управляемости корабля на воздушной подушке	28
Глава 2. Управление маневрами корабля в различных условиях	32
§ 2.1. Управление кораблем при постановке (съемке) корабля на якорь, бочку, швартовы	32
§ 2.2. Управление кораблем при плавании в штормовых условиях	42
§ 2.3. Управление кораблем при плавании во льдах	53
§ 2.4. Управление кораблем при спасении личного состава, терпящего бедствие на воде	61
§ 2.5. Особенности управления кораблем при плавании по внутренним судоходным путям	64
Глава 3. Буксировка корабля	74
§ 3.1. Организация буксировки	74
§ 3.2. Подготовка к буксировке. Подача буксирного каната. Крепление буксирного каната	77
§ 3.3. Расчет длины буксирного каната и скорости буксировки	83
§ 3.4. Особенности буксировки подводных лодок	89
§ 3.5. Меры безопасности при проведении буксировки	90

РАЗДЕЛ II

МАНЕВРИРОВАНИЕ

Глава 4. Общие основы решения задач маневрирования кораблей	95
§ 4.1. Маневрирование — важнейший элемент тактики морского боя	95
§ 4.2. Основные термины и определения	97
§ 4.3. Основные принципы решения задач маневрирования	99
Глава 5. Маневрирование кораблей для изменения (занятия) позиции	102
§ 5.1. Общие положения	102
§ 5.2. Учет соотношения скоростей кораблей при выборе способа маневрирования	115
§ 5.3. Оценка возможностей тихоходного корабля для сближения с быстроходным в зависимости от начального курсового угла быстроходного корабля	118
§ 5.4. Оценка возможностей тихоходного корабля для сближения с быстроходным кораблем на заданную дистанцию	120
§ 5.5. Учет влияния циркуляции корабля на точность выполнения маневра	123
Глава 6. Маневрирование кораблей при совместном плавании	139
§ 6.1. Требования, предъявляемые к маневрированию при совместном плавании. Особенности маневрирования. Меры безопасности	139
§ 6.2. Точность удержания назначенной кораблю позиции	141
§ 6.3. Контроль и удержание места корабля при совместном плавании	143
§ 6.4. Маневрирование кораблей при изменении курса строя	144
§ 6.5. Построение кораблей в ордер	162
§ 6.6. Маневрирование кораблей при изменении курса ордера	167
Глава 7. Особенности маневрирования кораблей, выполняющих поиск и слежение	202
§ 7.1. Маневрирование кораблей при поиске	202
§ 7.2. Маневрирование кораблей при слежении за обнаруженными объектами	208

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Программы для расчета маневра корабля с использованием программируемого микрокалькулятора типа «Электроника БЗ-34», «Электроника МК-52», «Электроника МК-54», «Электроника МК-61»	217
2. Примеры расчета маневра кораблей	255
3. Ответы на примеры расчета маневра кораблей	267
Список литературы	272

Раздел I

ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ МАНЕВРАМИ КОРАБЛЯ

Глава 1

УПРАВЛЯЕМОСТЬ КОРАБЛЯ

§ 1.1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ ОБ УПРАВЛЯЕМОСТИ

Управляемостью корабля называется его способность сохранять или изменять заданный режим движения (курс и скорость) в соответствии с использованием средств обеспечения управляемости корабля (рулей и движителей).

Таким образом, управляемость корабля, как понятие об одном из важнейших его мореходных качеств, объединяет в себе представление о двух его противоположных свойствах: устойчивости движения и поворотливости.

Устойчивость движения корабля характеризуется устойчивостью на курсе и устойчивостью при движении по криволинейной траектории, частным случаем которой является циркуляция корабля, т. е. позволяет судить о способностях корабля сохранять прямолинейное движение по заданному направлению или осуществлять движение по заданной криволинейной траектории в соответствии с учетом перекаладки руля и (или) работой движителей.

Поворотливостью корабля называется его способность изменять направление своего движения в соответствии с перекаладкой руля и режимом работы движителей. Чем устойчивее корабль на курсе, тем сложнее управлять им при маневрировании и, наоборот, чем поворотливее корабль в движении, чем он чувствительнее к перекаладке руля и изменению режима работы движителей, тем труднее удерживать его на прямом курсе.

Исследованиями в области теории корабля установлено, что устойчивость корабля на курсе и его поворотливость в значительной степени зависят от взаимного положения центра тяжести корабля и центра приложения суммарного усилия сил сопротивления его движению. Корабль устойчив на курсе, если центр тяжести расположен впереди центра приложения сил сопротивления, и обладает хорошей поворотливостью, если центр тяжести расположен позади центра приложения сил сопротивления. Поэтому при проектировании кораблей для придания им положительных качеств поворотливости и устойчивости движения расчеты делаются таким образом, чтобы на всех скоростях хода центр приложения сил сопротивления находился в районе центра тяжести, несколько впереди его. На циркуляции, с увеличением угла дрейфа, центр приложения сил сопротивления перемещается в корму, к центру тяжести, а на заднем ходу располагается позади него. Такое положение этих определяющих точек наилучшим образом обеспечивает управляемость корабля, т. е. устойчивость его движения и поворотливость.

Все корабли обладают эксплуатационной устойчивостью движения, т. е. способностью держать заданное направление движения за счет

соответствующих переключений руля и изменения режима работы двигателей, и не обладают автоматической устойчивостью. Если какая-либо случайная причина вызовет отклонение корабля от курса, то корабль самостоятельно, без воздействия руля, на прежний курс не вернется. Большая или меньшая степень автоматической устойчивости предопределяет соответственно лучшую или худшую способность корабля удерживаться на курсе за счет переключений руля, т. е. лучшую или худшую эксплуатационную устойчивость.

Управляемость корабля как одно из важнейших его мореходных качеств определяет возможность использования корабля по назначению.

При изложении сведений об управляемости будем ограничиваться в основном лишь качественной и физической стороной явлений, почти не затрагивая вопросов теоретического обоснования вследствие значительной их сложности.

§ 1.2. СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ

Управляемость корабля обеспечивается средствами управления, которые подразделяются на главные и вспомогательные (рис. 1.2.1).

К главным средствам управления относятся рули различных типов и поворотные насадки.

Вспомогательные средства управления представляют собой движительно-рулевые комплексы. К ним относятся: подруливающие устройства, активные рули, выдвижные движительно-рулевые колонки и поворотные колонки. Корабль может управляться и с помощью винтов многовалных главных энергетических установок (ГЭУ).

Основным средством управления кораблем является руль. На рулях иногда устанавливаются пропульсивные (грушевидные) наделки для повышения пропульсивного коэффициента гребного винта.

На отдельных кораблях в качестве основного средства управления используются поворотные насадки, которые представляют собой направляющую насадку гребного винта. Поворотная направляющая насадка является частью движительного комплекса и одновременно является органом управления, заменяя руль.

Органом, не менее важным, чем руль, обеспечивающим управляемость корабля, особенно при маневрировании в стесненных условиях, при швартовке, отходе от стенки, постановке на якорь и т. п., является гребной винт.

Действие руля и гидродинамические силы, возникающие на руле

При переключении руля на угол α_p (рис. 1.2.2) на передней плоскости руля скорость потока воды уменьшается и в соответствии с законом гидродинамики повышается давление; на задней плоскости, где скорость потока увеличивается, давление понижается. Разность давлений приводит к возникновению равнодействующей гидродинамической силы R_p в Н (кгс), направленной примерно по нормали к плоскости руля в сторону разряжения и приложенной в центре давления руля ($C_{дp}$).

При руле, находящемся в диаметральной плоскости корабля, центр давления располагается у простого руля на передней кромке; у балансируемого — впереди оси его вращения. При переключении руля центр давления смещается в корму на расстояние d , которое вычисляется по формуле

$$d = (0,2 \div 0,3) \sin \alpha_p l_p,$$

где l_p — длина пера руля, м.



Рис. 1.2.1

Величина равнодействующей силы (R_p) зависит от площади пера руля, угла атаки потока воды и примерно пропорциональна квадрату скорости потока воды, набегающего на руль.

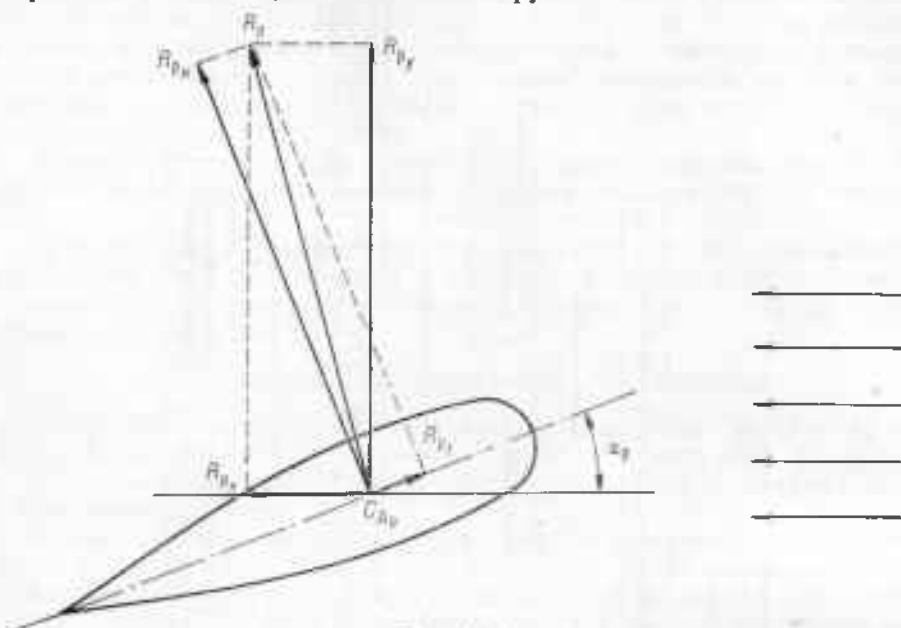


Рис. 1.2.2

Для рассмотрения действия руля равнодействующую силу R_p раскладывают на составляющие: R_{px} (боковая сила), R_{py} (лобовое сопротивление), R_{pn} (нормальная) и R_{pt} (тангенциальная).

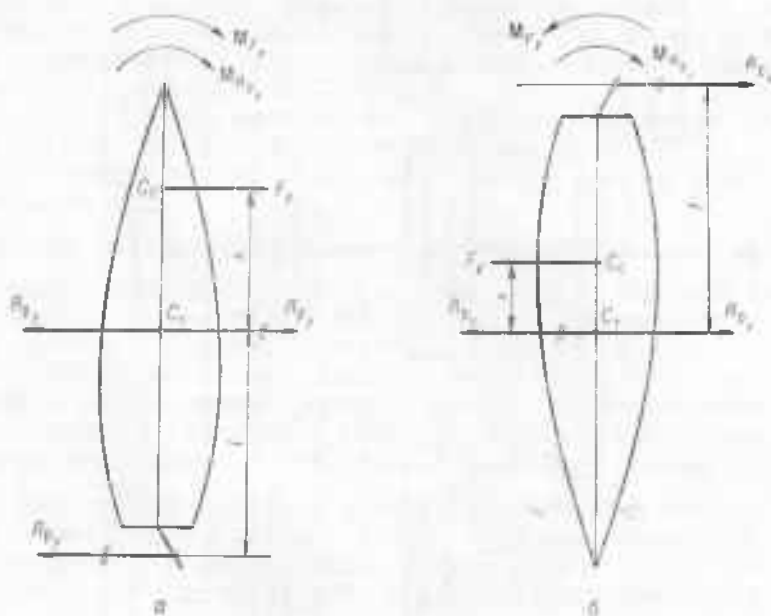


Рис. 1.2.3

Действие пера руля на переднем ходу (рис. 1.2.3 а). Перекладка руля на переднем ходу сопровождается появлением бо-

ковой гидродинамической силы R_{py} . Прикладывая в центр тяжести корабля (C_T) две равные и противоположно направленные силы R_{py} , получают разворачивающий момент $M_{R_{py}} = R_{py} l$ в Н·м (кгс·м), где l — отстояние центра тяжести корабля от центра давления руля, м. Действие момента $M_{R_{py}}$ сопровождается обратным смещением корабля и появлением угла дрейфа. Наличие угла дрейфа приводит к образованию боковой силы F_y , приложенной в центре сопротивления корабля (C_c) и обратной по направлению R_{py} . Создается разворачивающий момент $M_{F_y} = F_y x$, где x — отстояние центра тяжести корабля от центра сопротивления корабля.

Таким образом, разворачивающий момент при движении корабля на переднем ходу ($M_{пх}$) определится как сумма моментов сил R_{py} и F_y :

$$M_{пх} = M_{R_{py}} + M_{F_y} = R_{py} l + F_y x.$$

Действие руля на заднем ходу (рис. 1.2.3 б). На заднем ходу перекладка руля также вызывает появление силы R_{py} , действие момента силы $M_{R_{py}} = R_{py} l$, с которым связано возникновение дрейфа корабля. Появление дрейфа также сопровождается возникновением боковой силы F_y и действием момента силы $M_{F_y} = F_y x$. Однако действие M_{F_y} противоположно по направлению действию $M_{R_{py}}$.

Таким образом, разворачивающий момент при движении корабля на заднем ходу $M_{зх}$ будет происходить под действием разности моментов сил R_{py} и F_y :

$$M_{зх} = M_{R_{py}} - M_{F_y} = R_{py} l - F_y x.$$

Поэтому управляемость корабля под действием руля на заднем ходу значительно хуже, чем на переднем. Выход из установившейся циркуляции заднего хода с помощью одного руля практически невозможен.

Момент равнодействующей силы относительно оси баллера руля называется гидродинамическим моментом на баллере (M_6). Его величина определяется зависимостью

$$M_6 = R_{pn} (x_p - a),$$

где x_p — отстояние центра давления от передней кромки руля, м;
 a — отстояние оси баллера от передней кромки руля, м.

У балансирующего руля (рис. 1.2.4) при малых углах перекладки центр давления располагается впереди, а при больших — позади оси баллера. У простого руля по мере увеличения угла перекладки центр давления все время удаляется от оси вращения. Это приводит к постоянному возрастанию гидродинамического момента на баллере, поэтому для перекладки руля нужна рулевая машина большой мощности.

Эффективность руля на заднем ходу приобретает свое максимальное значение при меньших углах перекладки, что хорошо видно на графике изменения безразмерных гидродинамических коэффициентов C_x и C_y (рис. 1.2.5) на переднем и заднем ходу в зависимости от угла перекладки руля α_p , пропорционально которым изменяются составляющие гидродинамической силы: R_p — боковая подъемная сила и R_{px} — сила лобового сопротивления. Из-за различных условий обтекания

наибольшая эффективность руля соответствует углам его перекладки на переднем ходу $30 \div 35^\circ$, на заднем ходу $15 \div 20^\circ$.

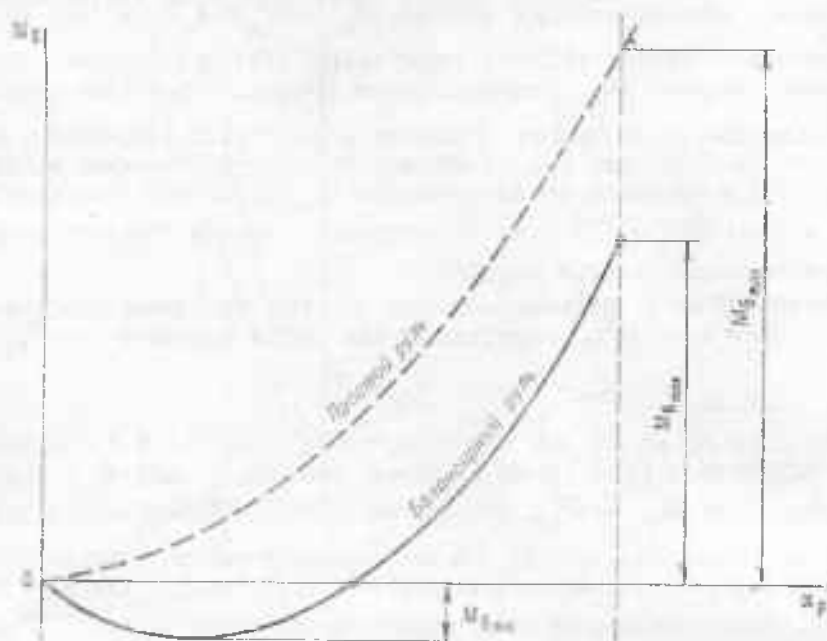


Рис. 1.24

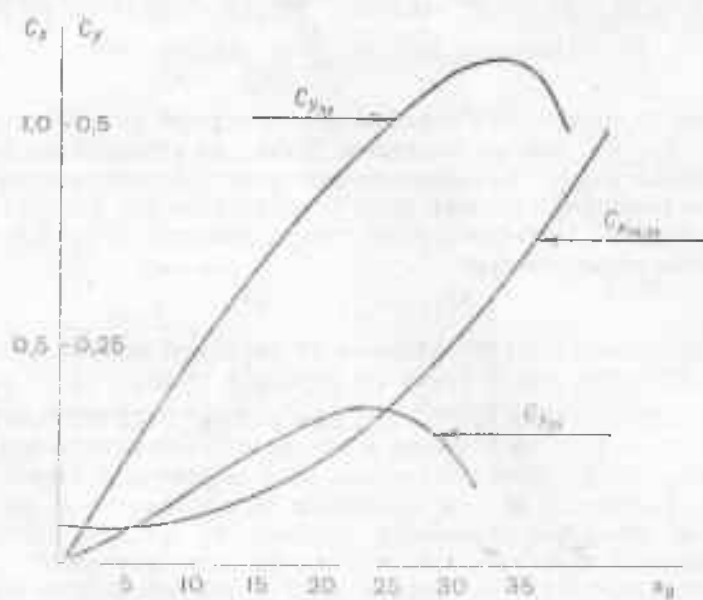


Рис. 1.25

Командир корабля назначает курс и скорость корабля через вахтенного офицера. В отдельных случаях по решению командира корабля право непосредственной подачи команды на руль может быть предоставлено штурману.

Для успешного выполнения поворотов с помощью руля командиру корабля, штурману и вахтенному офицеру должны быть известны следующие данные:

— диаметр циркуляции при переключке руля на различных углах вправо и влево при различных режимах работы главных машин;

— время полной циркуляции и части ее при различных скоростях и комбинациях работающих машин;

— потеря скорости на циркуляции при переключке руля на установленное число градусов для различных скоростей хода;

— «мертвый промежуток» времени от момента подачи команды рулевому до начала фактического поворота;

— возможная величина угла крена корабля на циркуляции в зависимости от скорости хода.

Выполняя поворот, необходимо руководствоваться следующими правилами:

— перед подачей команды на руль оценить обстановку и принять все меры для безопасного выполнения маневра;

— прибегать к переключке руля «на борт» только в случае крайней необходимости (при развороте корабля в узкости, для избежания столкновения с другим кораблем, уклонения от обнаруженной навигационной опасности и атак противника);

— обеспечить возможность быстрого перехода на запасные посты управления рулем;

— при совместном плавании поворот корабля обозначить установленным флажным или световым сигналом с момента подачи команды на руль до конца поворота;

— при изменении курса в строю кильватера поворот осуществлять так, чтобы форштевень шел по внутренней кромке кильватерной струи впереди идущего мателота.

Команды на руль должны подаваться в строгом соответствии с Командными словами (приложение к Корабельному уставу ВМФ). Поданные команды рулевой обязан репетовать громким голосом, предвзя их словом «Есть».

Приняты следующие основные команды на руль.

Команда «Право (лево) на борт» означает, что руль должен быть положен до установленного предела в указанную сторону. Команда подается с учетом быстрой переключки руля.

По команде «Право (лево) руля» рулевой обязан переложить руль на установленное число градусов (для данного корабля) в указанную сторону и доложить: «Руль право (лево) столько-то». В процессе выполнения поворота рулевой докладывает через каждые 10° новые значения курса. Эта команда подается при выполнении обычных поворотов на новый курс и совместном маневрировании с однотипными кораблями.

При выполнении поворота с большим или меньшим, чем обычно, диаметром циркуляции подается команда «Столько-то градусов право (лево) руля».

Команда «Отводить» подается при приближении корабля к назначенному курсу (обычно за $10 \div 15^\circ$). По этой команде руль отводится в диаметрально плоскость корабля, после чего рулевой докладывает: «Руль прямо». Аналогичные действия выполняются и по команде «Прямо руль». Команда подается при необходимости прервать выполнение поворота. После команд «Отводить» и «Прямо руль» рулевой докладывает курс через каждые 5° .

Команда «Одерживать» подается, когда до назначенного нового курса осталось $3 \div 5^\circ$. По этой команде руль переключается на $10 \div 15^\circ$ в сторону, обратную циркуляции. Рулевой докладывает курс по компасу через каждый градус.

Команда «Так держать» означает, что рулевой должен заметить по компасу с точностью до градуса курс, на котором лежал корабль в момент подачи команды, или направление по береговому ориентиру и удерживать корабль на этом курсе, доложив: «Есть, так держать, на румбе столько-то градусов».

Команда-запрос «На румбе» означает, что рулевой должен заметить курс по компасу и доложить: «На румбе столько-то градусов».

Команда «Столько-то градусов право (лево) по компасу» означает, что рулевой должен изменить курс на указанное число градусов, после чего доложить: «На румбе столько-то градусов». Команда подается в случаях, когда необходимо изменить курс корабля не более чем на $15 \div 25^\circ$.

Опытному рулевому могут быть поданы команды: «Право (лево) руля. Курс столько-то градусов»; «Держать в кильватер такому-то кораблю»; «Лечь на створ»; «Оставить такой-то предмет справа (слева)» и т. д. В этом случае рулевой самостоятельно выполняет указанные действия и докладывает: «На створе. На румбе столько-то градусов» или «На румбе столько-то градусов» и т. д.

Взаимодействие гребного винта с корпусом корабля и рулем

Главные движительные устройства (корабельные винты) создают силу тяги за счет реакции массы воды, отбрасываемой в сторону, противоположную движению корабля. Работающие корабельные винты существенно изменяют поле скоростей воды вблизи корпуса корабля, что приводит к изменению гидродинамических сил, действующих на корпус. В свою очередь, поток воды, набегающий на винт, получает возмущение от корпуса корабля. Существенное влияние винт также оказывает на расположенный позади него руль. В результате сложного гидродинамического взаимодействия системы корпус — винт — руль возникает целый ряд боковых сил, которые необходимо учитывать и рационально использовать, управляя маневрами корабля. Такими силами являются силы, возникающие на гребных винтах:

- сила реакции,
- сила попутного потока.

Силы, возникающие от работы гребного винта на руле и корпусе корабля:

- сила винтовой отработки,
- сила набрасываемой струи,
- сила всасываемой струи,
- сила неравномерного давления.

Сила реакции возникает вследствие различных условий для работы лопастей винта при круговом движении, а именно, различной податливости водной среды к изменению своих форм, обусловленной близостью поверхности.

Влияние близости поверхности наиболее существенно проявляется при малом заглублении винта, в период неустановившегося движения (дача хода со «Стопа» и при реверсах). Разность сопротивлений вращению лопастей винта в верхнем и нижнем положениях приводит к образованию боковой результирующей силы, направленной в сторону вращения винта и называемой силой реакции. На установившемся ходу

и с увеличением заглубления винта сила реакции резко уменьшается. Сила реакции вызывает уклонение кормы в сторону вращения винта при его вращении как на передний, так и на задний ход.

Сила попутного потока возникает при движении корабля. Движущийся в воде корпус вызывает попутный поток, направленный в сторону движения корабля. Причины его появления — трение пограничных слоев воды о корпус корабля и стремление масс воды заполнить объем, вытесненный корпусом. Между скоростью попутного потока в месте расположения винта (V_n) и скоростью хода корабля существует соотношение

$$V_n = V(1 - \omega),$$

где ω — коэффициент попутного потока. Его значения для различных кораблей могут изменяться от 0,10 до 1,00, т. е. влияние корпуса на винт сводится к уменьшению скорости обтекания винта.

В верхней половине диска винта скорость попутного потока больше, чем в нижней. Неравномерность поля скоростей попутного потока в диске винта за один оборот вызывает изменение угла атаки и соответственно сил упора и момента на лопастях, проходящих верхнее и нижнее положения. Так, лопасть, находящаяся в верхнем положении, будет иметь больший угол атаки и соответственно большее сопротивление вращению, чем лопасть, находящаяся в нижнем положении. В результате возникает боковая сила, которая на переднем установившемся ходу (винт правого вращения) будет стремиться уклонить корму корабля влево.

Сила попутного потока проявляет себя в наибольшей степени на переднем установившемся ходу, вызывая отклонение кормы корабля в сторону, обратную вращению винта.

Сила винтовой отработки проявляется вследствие воздействия направленного поступательного движения потока воды, отбрасываемого гребным винтом на располагающийся за ним руль. Это воздействие аналогично действию встречного потока воды на перо руля и усиливает его. Установлено, что скорость потока за винтом примерно в 1,3 раза больше скорости корабля, что соответствует повышению эффективности действия руля на 60 ÷ 70 %.

Сила винтовой отработки имеет место при работе винта на передний ход и в том случае, когда корабль не имеет хода относительно воды, что позволяет активнее осуществлять развороты корабля при маневрировании на стесненных акваториях как на ходу, так и без хода и для удержания корабля от разворота при даче хода.

Сила набрасываемой струи проявляется вследствие воздействия боковой составляющей набрасываемого винтом спирального потока воды на руль, расположенный за гребным винтом, при вращении его на передний ход и на кормовые обводы корабля при вращении его на задний ход.

Сила набрасываемой струи на переднем ходу, действуя на руль, отклоняет корму корабля в сторону, противоположную вращению винта, а на заднем ходу, действуя на кормовые обводы корабля, стремится развернуть корму корабля в сторону своего вращения. Действие силы набрасываемой струи показано на рис. 1.2.6. На одновинтовых подводных лодках с развитыми стабилизаторами при работе гребного винта на задний ход сила набрасываемой струи будет стремиться развернуть корму подводной лодки в сторону, противоположную своему вращению.

Сила всасываемой струи проявляется вследствие воздействия на руль, расположенный за гребным винтом, потока воды, всасываемого

винтом при работе на задний ход. На подводных лодках с вертикальным рулем, расположенным впереди гребного винта, этот эффект наблюдается при работе гребного винта на передний ход. Сила всасываемой струи увеличивает эффективность руля и по своему действию аналогична воздействию на руль встречного потока воды.

Сила неравномерного давления проявляется при работе машин одного борта на передний ход в результате местного падения давления в районе работы гребного винта. Эта сила способствует смещению кормы корабля в сторону борта работающей машины, т. е. она действует в ту же сторону, что и вызванный ею разворачивающий момент.

Разворачивающий момент работающей машины проявляется в том, что гребной винт, вращаясь в водной среде, передает давление через линию валов на упорные (опорно-упорные) подшипники с некоторой силой. Так как приложение упорной силы происходит не в диаметральной плоскости, а в плоскости, отстоящей от нее на некотором расстоянии в сторону борта работающей машины, возникает разворачивающий момент, равный произведению этой силы на плечо.

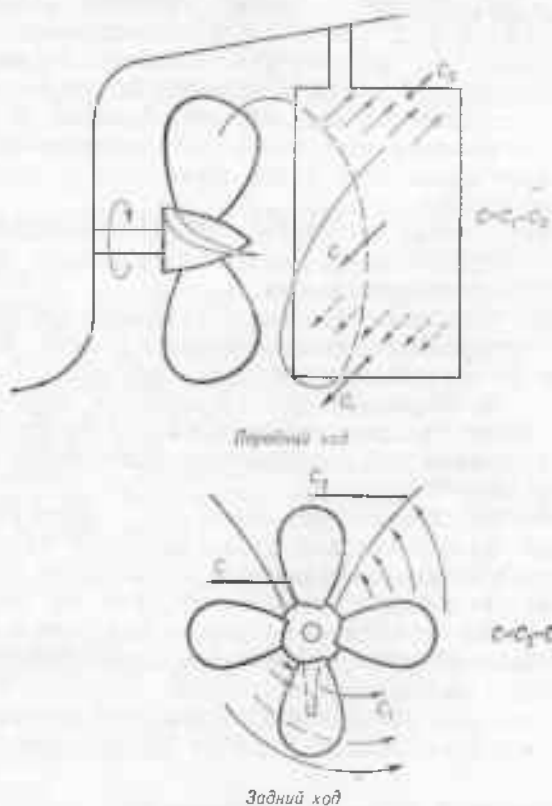


Рис. 1.2.6

Разворачивающий момент машины, работающей на передний ход, стремится развернуть нос корабля в сторону, противоположную борту работающей машины. Разворачивающий момент машины на двух-, трех- и четырехвинтовых кораблях является одним из существенных факторов, улучшающих поворотливость.

Разворачивающий момент сопротивления гребного винта неработающей машины проявляется вследствие сопротивления винта, особенно

если он не имеет свободного вращения, при движении корабля. Величина этого момента находится в прямой зависимости от скорости корабля и всегда совпадает с разворачивающим моментом работающей машины, т. е. усиливает его.

Особенности управления кораблем с винтом регулируемого шага (ВРШ)

Применение винта регулируемого шага позволяет:

- плавно изменять скорость корабля от нуля до полного хода;
- быстро переходить с переднего хода на задний без реверса машин;
- изменять режим хода непосредственно из ходовой рубки.

Управление кораблем с винтом регулируемого шага с точки зрения управляемости имеет некоторые особенности по сравнению с винтом фиксированного шага.

Рассмотрим, как влияет на управляемость одновинтового корабля винт регулируемого шага правого вращения. При работе ВРШ на передний ход возникают такие же силы, как и при работе винта фиксированного шага.

Природа этих сил и направление действия такие же, как и у винта фиксированного шага. При развороте лопастей для движения корабля задним ходом результирующая сил реакции винта будет направлена в сторону его вращения, т. е. сила реакции при изменении хода с переднего на задний сохранит направление своего действия.

Отбрасываемый винтом поток воды, взаимодействуя с корпусом, создает на нем силу набрасываемой струи, совпадающую по направлению с силой реакции.

Таким образом, у корабля, имеющего один винт регулируемого шага, при переключке лопастей на задний ход корма будет уклоняться в сторону вращения винта под действием силы реакции и силы набрасываемой струи. Для удержания такого корабля на курсе необходимо на заднем ходу руль переключать в сторону, обратную направлению вращения винта, и периодически ставить ВРШ в нулевое положение.

§ 1.3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УПРАВЛЯЕМОСТЬ КОРАБЛЯ

На управляемость корабля оказывает влияние ряд факторов, действие которых должно учитываться командиром при управлении кораблем в соответствующих условиях. Эти факторы условно можно разделить на две группы: первая — факторы, обусловленные конструктивными особенностями корабля и его положением относительно воды; вторая — факторы, которые по отношению к кораблю являются внешними.

К первой группе факторов относятся:

- главные размерения и их соотношение;
- форма обводов подводной части корпуса корабля и выступающих частей;
- форма и высота надводной части корпуса и надстроек;
- наличие статических крена и дифферента, изменение осадки;
- скорость движения корабля.

Ко второй группе факторов относятся:

- направление и сила ветра;
- наличие волнения моря и направление бега волны относительно корабля;

- направление и скорость течения;
- ограниченная глубина под килем и характер изменения глубин по курсу корабля;
- ограниченность водного пространства в районе маневрирования;
- наличие и характер льда в районе маневрирования.

Рассмотрим влияние различных факторов на управляемость корабля.

Корабли различных классов и проектов имеют различные главные размерения и их соотношения. Как правило, корабли (при прочих равных условиях), имеющие соотношение длины корпуса (L) к его ширине (B) порядка $5 \div 7$, легко управляются, но менее устойчиво держатся на курсе. Корабли, имеющие соотношение L/B порядка $8 \div 10$, тяжело управляются, но устойчивы на курсе.

Округлая форма бортов подводной части корпуса корабля улучшает его поворотливость, а прямая ухудшает. Различные выступающие части корпуса корабля ниже ватерлинии ухудшают управляемость корабля.

Корабли, имеющие небольшую осадку и тупые обводы кормовой части, а также с меньшей осадкой кормой испытывают меньшее сопротивление при повороте и лучше разворачиваются. Управляемость кораблей с высокими бортами и развитой надстройкой ухудшается в свежую погоду под воздействием ветра и волнения моря. Рассмотренные факторы в значительной степени влияют на управляемость корабля. Командир корабля обязан хорошо знать свой корабль и, выполняя маневр, учитывать эти факторы применительно к конкретным условиям.

При наличии статического крена давление встречного потока воды на скулы корабля при его движении становится неодинаковым, большее давление оказывается на обводы пониженного борта и корабль уклоняется в сторону повышенного борта, т. е. в сторону наименьшего сопротивления. В этом случае корабль лучше и с меньшим диаметром циркуляции осуществляет поворот в сторону повышенного борта и хуже поворачивается в сторону накрененного борта. Разность давлений на обводы корабля при бортовой качке увеличивает рыскливость корабля. На одновинтовых подводных лодках, имеющих корпус в форме тела вращения, наличие статического крена не оказывает практического влияния на их управляемость.

Вышеизложенное справедливо для одновинтового корабля. При большем количестве движителей необходимо учитывать эффективность действия их разворачивающих усилий вследствие изменения заглубления винтов при крене корабля, которые соизмеримы с моментом, возникающим от увеличения сопротивления водной среды со стороны пониженного борта. Поэтому каждому типу корабля свойственна своя сторона уклонения от этих моментов и от величины угла крена. В случаях вынужденного плавания с креном рулевой практическим путем подбирает положение руля, при котором корабль удерживается на прямом курсе.

Наличие дифферента независимо от его знака (на нос или на корму) ухудшает обтекаемость подводной части корпуса и может существенно повлиять на управляемость. При этом, управляя кораблем, следует учитывать, что дифферент на корму (увеличение осадки кормой) ухудшает поворотливость, а на нос улучшает ее, так как корма в этом случае, имея меньшую осадку, испытывает меньшее сопротивление воды развороту. При дифференте на корму корабль испытывает большую рыскливость при движении на волну, а при дифференте на нос — при движении по волне; кроме того, увеличение осадки носом ведет к возрастанию сопротивления воды движению корабля, уменьшению упора

винтов и как результат — к уменьшению скорости. Несмотря на это, к искусственному дифференту, активно влияющему на управляемость корабля, прибегают, создавая его на корму при буксировках носом вперед, во льдах для уменьшения вероятности повреждения винтов и рулей, при следовании по направлению распространения волны для повышения устойчивости на курсе. На подводных лодках для облегчения разворота на ветер в стесненных условиях рекомендуется создавать дифферент на нос или на корму, в зависимости от того, какой оконечностью пересекается линия ветра. Дифферент на нос рекомендуется создавать в случаях вынужденного движения задним ходом, при следовании против волны и сильного ветра, при подходе вплотную к берегу десантных судов и т. д.

При равномерном увеличении осадки, сопровождающейся увеличением водоизмещения, корабль медленнее реагирует на отработку руля на месте, приобретая угловую скорость разворота в движении, медленнее теряет ее. В то же время он более устойчиво удерживается на курсе, в меньшей степени при этом оказывают влияние на управляемость корабля волны и ветер.

Управляемость корабля улучшается с увеличением его скорости, так как при этом повышается эффективность его органов управления.

Вспомогательные средства управления улучшают управляемость корабля при маневрировании в стесненных условиях. Существующие вспомогательные средства управления имеют наибольшую эффективность при использовании в режиме, близком к швартовному, на малых скоростях хода, а также при отсутствии хода. Поскольку мощность вспомогательных средств управления не превышает $20 \div 25$ % мощности основных движителей, необходимо учитывать направление, силу ветра, скорость течения и в зависимости от конкретных условий использовать их самостоятельно или совместно с главным движительно-рулевым комплексом.

В определенных условиях существенное влияние на управляемость корабля оказывают внешние факторы.

Воздействие ветра на корабль определяется его направлением и силой. Ветер вызывает дрейф тем более заметный, чем меньше скорость корабля. Наибольшему влиянию подвержены малые, мелкосидящие и тихоходные корабли, корабли с развитой системой надстроек и высоким надводным бортом. В общем случае ветер изменяет скорость корабля, вызывает боковое смещение — слос и разворот корабля.

Действие ветра в пределах курсовых углов $0 \div 120^\circ$ вызывает потерю скорости. Максимальные значения потеря скорости приобретает корабль при направлении кажущегося ветра с курсовых углов $25 \div 35^\circ$.

Действие ветра в пределах курсовых углов $30 \div 120^\circ$ сопровождается дрейфом и ветровым креном, которые достигают максимальных значений при курсовых углах $60 \div 80^\circ$.

Влияние волнения на движущийся корабль характеризуется сложной зависимостью между параметрами волн и параметрами корабля. Оно сопровождается действием на корпус корабля значительных динамических нагрузок, увеличением сопротивления корпуса корабля, снижением скорости, ухудшением условий совместной работы средств управления и, в конечном счете, приводит к значительному ухудшению управляемости корабля. Поэтому выбор курса и скорости корабля в условиях волнения моря должен свести до минимума его неблагоприятные воздействия на корабль. Пренебрежительное отношение к положениям, выработанным практикой кораблевождения в штормовых условиях, или вынужденное удержание неблагоприятного курса на сильном

волнении несут в себе угрозу тяжелых повреждений и катастроф. Во избежание этого необходимо правильно соизмерять элементы движения корабля с параметрами волн. Командир обязан предусмотреть и выполнить все мероприятия, чтобы обеспечить успешное решение поставленной задачи с наименьшим риском для корабля. В основу выбора курса и скорости при плавании в условиях шторма должны быть положены расчеты с использованием универсальной диаграммы качки (см. § 2.2). В тех случаях, когда изменение курса и скорости не приводит к желаемому результату, что характерно для малых кораблей, необходимо прибегнуть к штормованию. Выбор способа штормования определяется в каждом конкретном случае на основе соотношений элементов корабля и воздействующих на него факторов с учетом личного опыта плавания.

Избежать при плавании в шторм одновременно всех нежелательных явлений невозможно, поэтому командир корабля, сообразуясь каждый раз с тактико-техническими данными и конструктивными особенностями корабля, а также с решаемыми задачами и обстановкой, должен прежде всего определить, какие факторы для корабля наиболее опасны, в соответствии с чем и принять решение.

На сильном волнении командир, приступая к выполнению поворота, должен определить закономерность прохождения наиболее развитых волн и стремиться выполнить поворот на наименее развитых волнах.

Выполняя поворот под ветер, необходимо увеличить скорость, чтобы быстрее пройти положение лагом к волне. Поворот на ветер производится на небольшой скорости поэтапно, поворотом на $20 \div 30^\circ$, наполовину циркуляции. Наиболее опасный участок, лагом к волне, следует проходить на повышенной скорости в момент прохождения менее развитых волн. Выбрав курс и скорость корабля, следует контролировать условия работы движителей и рулей, не допуская частого их оголения, уменьшив при необходимости скорость.

Наличие течения в общем случае усложняет управление кораблем, особенно при плавании в узкостях, при швартовке, отходе от причалов, постановке на якорь, бочку. Особенно неблагоприятны для управления кораблем боковые течения. Наличие прямолинейного течения на управляемость корабля влияния не оказывает, а сводится к простому переносу движущегося корабля по направлению течения. Однако при проходе кораблем криволинейного участка реки или канала, имеющих течение, последнее приводит к изменению элементов движения корабля относительно воды, что может вызвать потерю им управляемости на данном закруглении реки или канала.

Ограниченная глубина под килем при повышенных скоростях хода увеличивает волновое сопротивление движению корабля, и при достижении определенных значений скоростей дальнейшее повышение мощности движителей не приводит к увеличению скорости. Такие скорости называются критическими ($V_{кр}$).

Величина критической скорости в узлах может быть определена по формулам:

$$V_{кр} = 3,13 \sqrt{\frac{2}{3K^2 - 1}} H \text{ при } \frac{H}{T} < 1,4,$$

$$V_{кр} = 3,44 \sqrt{\frac{3}{3K^2 - 1}} H \text{ при } 1,5 < \frac{H}{T} < 4,$$

где K — коэффициент, зависящий от отношения L/B (см. табл. 1.3.1);
 T — осадка корабля средняя, м;
 H — глубина места под килем, м.

Таблица 1.3.1

L/B	4	5	6	7	8	9	12
K	1,32	1,27	1,23	1,19	1,17	1,15	1,1

Ограниченная глубина оказывает влияние на посадку корабля. На рис. 1.3.1 показана кривая давления, возникающая при движении корабля на мелководье по длине его корпуса. Образование зоны повышенного давления в носовой части значительно больше, чем в кормовой, и уменьшение сил поддержания в районе миделя приведет к тому, что корабль «просядет» и получит дифферент на корму, значение которого может достигать значительных величин, и при малом запасе глубины может привести к удару корпуса корабля о грунт.

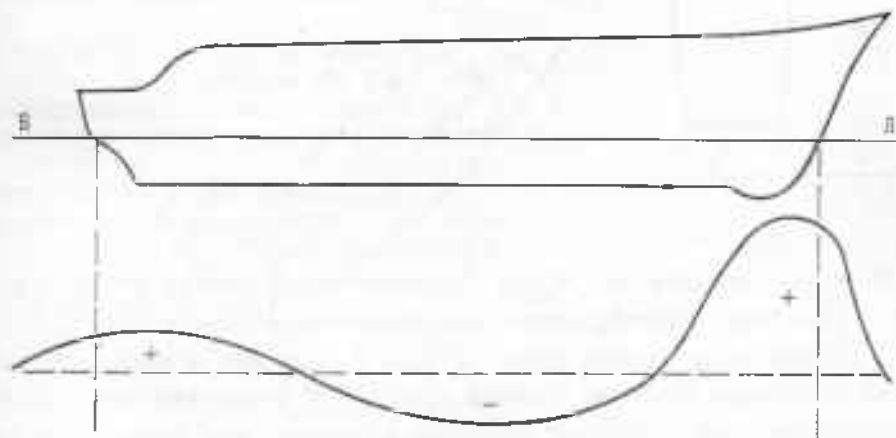


Рис. 1.3.1

§ 1.4. ЦИРКУЛЯЦИЯ КОРАБЛЯ

При перекладке руля корабль начинает поворот и его центр тяжести описывает кривую, называемую циркуляцией. С началом перекладки руля и до ее окончания корабль по инерции продолжает движение первоначальным курсом. Возникшая на руле сила R_{Ry} направлена по нормали к первоначальному курсу корабля (рис. 1.4.1) и стремится отклонить его корму.

Приложив в центре тяжести корабля (C_T) две такие же силы, направленные в противоположные стороны, мы получим момент $M_{R_{Ry}}$, образованный парой сил, отмеченными двумя штрихами. Этот момент будет разворачивать корабль вокруг вертикальной оси, а сила R_{Ry} с одним штрихом вызовет боковое перемещение корабля в сторону, обратную направлению перекладки руля. Таким образом, в течение времени, за которое перекалывается руль, траектория движения центра тяжести корабля искривляется в сторону, обратную направлению перекладки руля.

Под действием момента $M_{R_{Ry}}$ между диаметральной плоскостью корабля и направлением вектора скорости образуется угол дрейфа (β). Появление угла дрейфа нарушает симметрию обтекания подводной

части корпуса корабля встречным потоком. Это вызывает повышение давления на подводную часть борта, противоположного направлению поворота корабля. Равнодействующая гидродинамических сил (F), приложенная к центру давления корпуса (C_d), будет направлена под некоторым углом к основной плоскости в сторону борта, испытывающего меньшее давление воды (рис. 1.4.2 а).

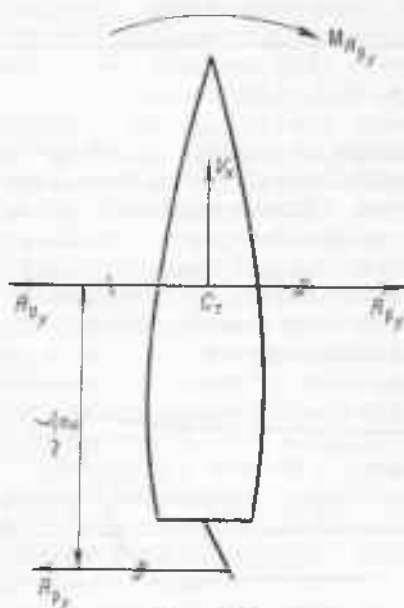


Рис. 1.4.1

Моменты боковых сил R_{py} и F_y относительно центра тяжести корабля (C_T) будут способствовать увеличению угла дрейфа.

С ростом угла дрейфа растет и сила F_y , которая в определенный момент превысит боковую силу на руле R_p . В результате этого перемещение корабля в сторону, обратную повороту, прекращается, и он начинает смещаться в сторону перекаладки руля. Происходит перегиб траектории движения центра тяжести корабля, который продолжает движение по некоторой криволинейной траектории в сторону поворота. Дальнейшее увеличение угла дрейфа от действия моментов боковых сил R_{py} и F_y приводит к увеличению сопротивления встречного потока воды, что в свою очередь определяет рост продольной силы F_x , которая снижает скорость корабля на циркуляции.

Для приближенного определения скорости корабля на установившейся циркуляции (V_K , м/с) в зависимости от скорости на прямом курсе можно воспользоваться формулой

$$V_K = 0,2 \frac{D}{L} V_0 \operatorname{tg} h, \quad (1.4.1)$$

где V_0 — скорость корабля на прямом курсе, м/с;
 D — диаметр установившейся циркуляции, м;
 L — длина корабля по действующей ватерлинии, м;
 h — поперечная метацентрическая высота, м.

Движение корабля на циркуляции в любой момент времени можно рассматривать как вращение относительно определенного на данный момент центра циркуляции. Скорость корабля в любой точке циркуляции направлена по касательной к ней и перпендикулярна радиусу, проведенному в эту точку из мгновенного центра циркуляции. На рис. (1.4.3)

изображены скорости нескольких точек, лежащих в диаметральной плоскости корабля, для момента времени, отвечающего расположению центра кривизны траектории циркуляции. Из рисунка видно, что точки,

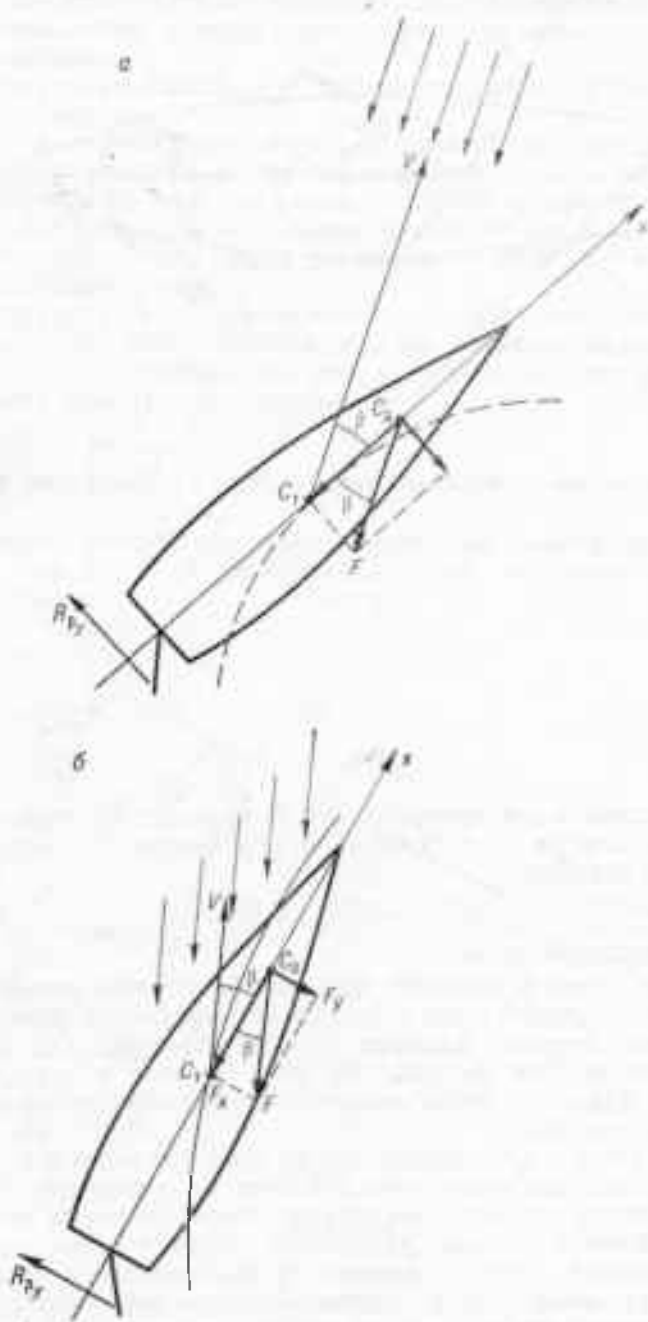


Рис. 1.4.2

расположенные в корме, имеют большие углы дрейфа, чем точки, расположенные в носу корабля. Величина местных углов дрейфа, уменьшаясь к носу корабля, в некоторой точке D становится равной нулю.

Эта точка, называемая точкой вращения, лежит на перпендикуляре, опущенном из мгновенного центра циркуляции на диаметральной плоскость корабля. На установившейся циркуляции, когда центр тяжести

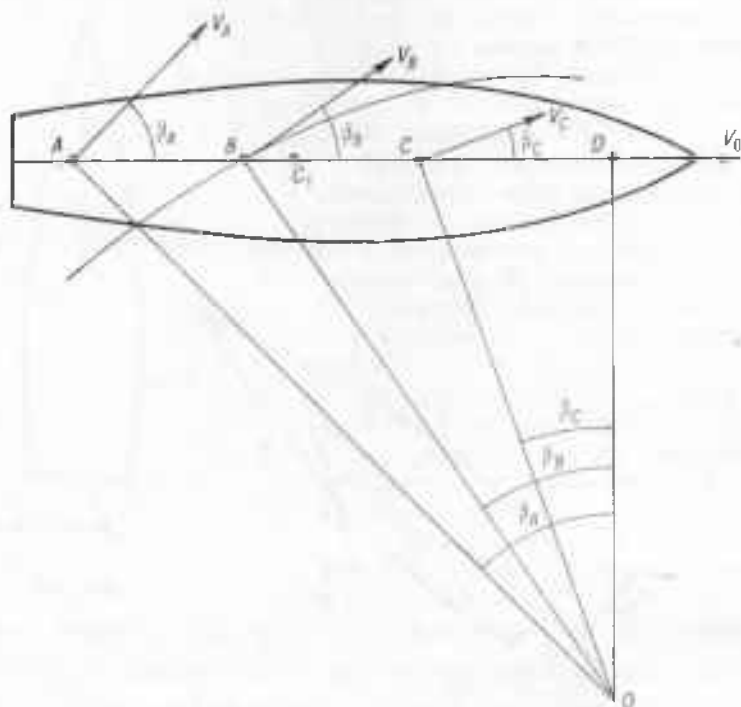


Рис. 1.4.3

корабля описывает окружность, точка D занимает постоянное положение к носу от центра тяжести корабля, приблизительно одинаковое для большинства кораблей

$$C_1D = (0,4 \div 0,5) L, \quad (1.4.2)$$

где L — длина корабля, м.

К носу от точки D местные углы дрейфа корабля меняют знак.

Характерную особенность в поведении корабля на циркуляции довольно точно отметил адмирал С. О. Макаров. Он писал, что прежде всего следует уяснить, что руль двигает в сторону не нос, а корму корабля, и что точка вращения корабля находится далеко впереди центра корабля.

В соответствии с вышесказанным, по мере удаления в корму от оси вращения происходит повышение давления на подводную часть борта, противоположную стороне циркуляции. Это объясняется ростом местных сопротивлений за счет увеличения углов встречи набегающего потока в кормовой части по сравнению с их значением в носовой части. В результате этого центр гидродинамического давления корпуса, прежде находившийся к носу от центра тяжести, начинает перемещаться в корму, а момент боковой силы F_y относительно центра тяжести уменьшается. Это приводит к снижению темпов нарастания угла дрейфа. В какой-то момент центр гидродинамического давления окажется на одной вертикали с центром тяжести и момент боковой силы F_y станет равным нулю. По мере перемещения точки приложения сил

сопротивления в корму от центра тяжести момент силы F_y изменит свой знак и будет препятствовать дальнейшему нарастанию дрейфа. Наконец наступит такой момент времени, когда силы и моменты, действующие на корабль, уравниваются. Скорость корабля и угол дрейфа станут постоянными, и центр тяжести корабля начнет описывать правильную окружность.

Принято рассматривать при движении корабля на циркуляции три характерных периода:

— маневренный период, который продолжается по времени от начала перекладки руля и до его окончания;

— эволюционный период, который начинается с момента окончания перекладки руля и продолжается до тех пор, пока корабль не изменит направление своего движения на $90 \div 120^\circ$ по отношению к первоначальному курсу;

— период установившегося движения, начинающийся с момента, когда центр тяжести корабля начинает описывать окружность, и продолжающийся до тех пор, пока руль не будет переложен на определенный угол (в новое положение).

Элементы циркуляции и учет их при управлении маневрами корабля

Траектория, которую описывает корабль во время своего движения, после перекладки руля имеет вид спирали, постепенно переходящей в окружность.

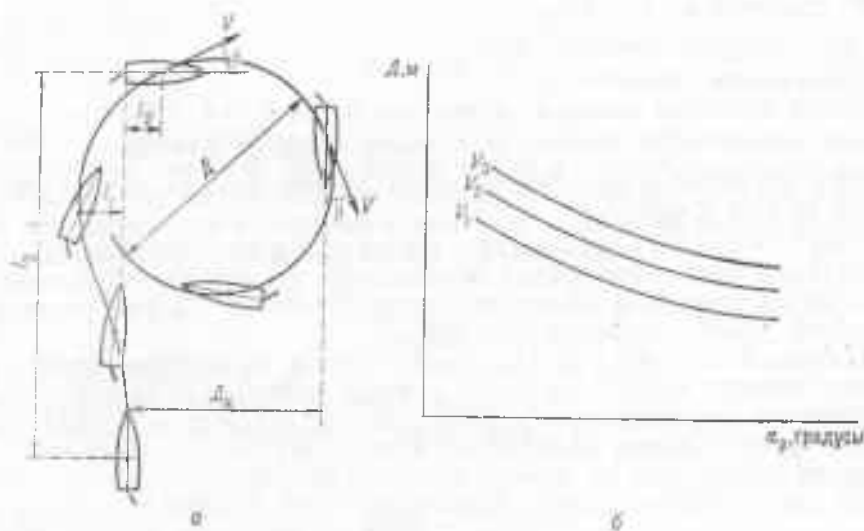


Рис. 1.4.4

Движение корабля на циркуляции характеризуют следующие элементы (рис. 1.4.4 а).

Диаметр установившейся циркуляции (D) — это диаметр окружности, которую описывает центр тяжести корабля в установившийся период. Обычно он измеряется в длинах корпуса корабля.

Диаметр циркуляции зависит от угла перекладки руля (α_r). Эту зависимость можно представить на графике (рис. 1.4.4 б).

Каждая кривая на графике соответствует определенной скорости. Как видно из графика, скорость влияет на изменение D незначительно.

Обратное смещение (l_1) имеет место в маневренный период и определяет наибольшее расстояние, на которое удаляется центр тяжести корабля по нормали от первоначального курса в сторону, обратную повороту. Величина l_1 не превышает половины ширины корабля. Несмотря на незначительную величину l_1 , ее необходимо учитывать при проведении маневра «координат» в целях уклонения от препятствия, внезапно обнаруженного прямо по курсу на малых дистанциях. При этом первый поворот необходимо делать на ветер с расчетом компенсировать обратное смещение ветровым давлением на корпус, а за счет второго поворота, в обратную сторону, отвести корму корабля на максимальное расстояние от препятствия под ветер.

Прямое смещение (l_2) — расстояние по перпендикуляру к направлению прямого курса, на которое сместился в сторону циркуляции центр тяжести корабля к моменту его поворота на 90° . Величина прямого смещения колеблется в пределах $0,25 \div 0,5 D$.

Выдвиг (l_3) — расстояние, проходимое центром тяжести корабля в направлении прямого курса от момента начала перекладки руля до поворота корабля на 90° . Величина выдвига лежит в пределах $0,6 \div 1,2 D$. Точное знание величины выдвига для данного корабля позволит правильно определить время начала поворота. Кроме того, командиру необходимо учитывать влияние внешних факторов, которые могут значительно изменять величину выдвига. Особенно необходимо учитывать изменение величины выдвига при плавании на течении в стесненных условиях. При плавании по течению выдвиг в метрах будет увеличен на $\Delta l = v_T t_n$,

где v_T — скорость течения, м/с;

t_n — время поворота, с.

Новая величина выдвига на течении будет $l'_3 = l_3 + \Delta l$, где l_3 — величина выдвига при отсутствии влияния внешних факторов.

При плавании в этих же условиях против течения выдвиг уменьшится на Δl и $l'_3 = l_3 - \Delta l$.

Тактический диаметр циркуляции корабля (D_c) — кратчайшее расстояние между положением диаметральной плоскости корабля на прямом и обратном курсах. Величина D_c для различных кораблей лежит в пределах $0,9 \div 1,2 D$.

Период циркуляции (t_{360°) — время, за которое корабль совершит поворот на 360° ; величина периода циркуляции зависит от геометрических характеристик корабля, скорости его хода и угла перекладки руля. Период циркуляции в секундах можно подсчитать по формуле

$$t_{360^\circ} = \frac{2\pi R_c}{V}, \quad (1.4.3)$$

где R_c — радиус окружности, описываемой центром тяжести корабля на установившейся циркуляции, м;

V — скорость корабля на циркуляции, м/с.

Крен корабля на циркуляции

Под действием боковых гидродинамических сил, возникающих при циркуляции и действующих в различных плоскостях, корабль получает крен.

В маневренный период боковая сила на руле R_{ρ} , приложенная к центру давления руля, создает относительно центра тяжести корабля момент ($M_{R_{\rho}}$), под действием которого возникает крен во внутреннюю сторону циркуляции (рис. 1.4.5 а).

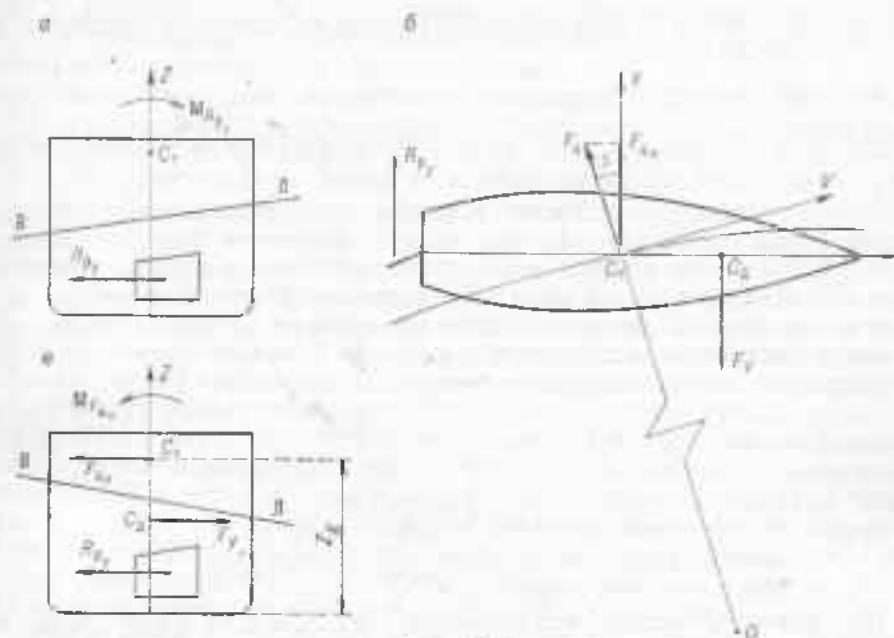


Рис. 1.4.5

Величина крена достигает своего наибольшего значения к началу эволюционного периода. Движение корабля в эволюционном периоде (рис. 1.4.5 б) характеризуется появлением угла дрейфа и угловой скорости, что приводит к появлению боковой силы на корпусе (F_{ρ}) и центробежной силы инерции массы корабля (F_{ρ_n}), равной

$$F_{\rho_n} = M \frac{V^2}{R_{\rho}}$$

где M — масса корабля, кг;

V — скорость корабля на циркуляции, м/с;

R_{ρ} — радиус установившейся циркуляции, м.

Влияние на крен корабля будет оказывать не сама центробежная сила инерции массы, а ее составляющая, направленная по нормали к диаметральной плоскости корабля

$$F_{\rho_n} = M \frac{V^2}{R_{\rho}} \cos \beta.$$

Составляющая центробежной силы создает кренящий момент относительно центра давления корпуса ($M_{F_{\rho_n}}$), который будет стремиться наклонить корабль в сторону, обратную циркуляции (рис. 1.4.5 в).

Точка приложения силы F_{ρ} приближенно находится на половине осадки корабля, а точка приложения силы R_{ρ} — на половине высоты руля.

Сумма моментов всех сил относительно центра давления корпуса дает кренящий момент ($M_{кр}$ в Н · м (кгс · м), вызывающий крен корабля и определяется по формуле

$$M_{кр} \approx M \frac{V^2}{D} \left(Z_g - \frac{T}{2} \right) \cos \beta - R_{py} \left(\frac{T}{2} - Z_g \right),$$

где Z_g — отстояние центра тяжести корабля от основной плоскости по оси Z , м.

Разность $\left(\frac{T}{2} - Z_g \right)$ сравнительно невелика, так как высота руля соизмерима с осадкой. Сила R_{py} значительно меньше, чем центробежная сила инерции массы корабля.

Таким образом, второй член формулы кренящего момента по сравнению с первым гораздо меньше. И под действием результирующего кренящего момента корабль в эволюционный период циркуляции начинает крениться в сторону, обратную повороту. К моменту начала движения корабля на установившейся циркуляции величина кренящего момента достигнет наибольшего значения. Величину угла крена θ_{max} в градусах можно определить по формуле

$$\theta_{max} = 1,4 \frac{V_0^2}{hL} \left(Z_g - \frac{T_{cp}}{2} \right), \quad (1.4.4)$$

где V_0 — скорость корабля на прямом курсе, м/с;

h — поперечная метацентрическая высота, м;

L — длина корабля по действующей ватерлинии, м;

T_{cp} — средняя осадка корабля, м.

Из формулы видно, что величина угла крена на циркуляции тем больше, чем больше скорость корабля и меньше поперечная метацентрическая высота.

§ 1.5. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЯЕМОСТИ КОРАБЛЯ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ

Для управления кораблем на воздушной подушке (КВП) применяются управляющие устройства, подразделяющиеся на основные и вспомогательные. К основным органам управления относится рулевое устройство, обеспечивающее удержание или изменение курса. Вспомогательные органы управления создают силы и моменты в горизонтальной плоскости для управления кораблем при дрейфе и рыскании (и курсом — в дополнение к рулевому устройству), а также устройства для управления высотой висения, креном и дифферентом корабля.

При развитии движительной тяги, соответствующей определенной скорости, называемой пороговой, корабль отделяется от вогнутости водяной чаши и выходит на волну, идущую перед ним, одновременно приобретая дифферент на корму. В этот период корабль испытывает наибольшее сопротивление движению, которое носит название горба сопротивления. В результате возникшего дифферента, при котором часть воздуха выходит из подкупольного пространства, главные двигатели работают в режиме повышенной нагрузки. Для преодоления горба сопротивления при движении КВП необходимо увеличить тягу движителей, обеспечивающую скорость КВП выше пороговой. Значение пороговой скорости зависит от длины подушки, водоизмещения и для некоторых проектов кораблей находится в пределах от 10 до 30 уз. При скорости КВП выше пороговой вода не успевает вдавливаясь под его днищем и при неизменной нагрузке винта изменяемого шага скорость

корабля значительно возрастает. При выходе на подушку над твердым экраном (земля, лед) горб сопротивления не наблюдается и КВП легко набирает скорость при сравнительно небольших затратах мощности энергетической установки. Поэтому там, где это возможно, высокую скорость необходимо достигать во время движения над твердым экраном и выходить на воду со скоростью, превышающей пороговую. В этом случае при переходе КВП с твердого экрана на воду ему не придется преодолевать горб сопротивления.

На корабле с неполным отрывом от воды после подъема на подушку его днище находится выше уровня невозмущенной воды, а ограждение вдоль борта частично погружено в воду. К таким кораблям относятся КВП скегового типа, имеющие по бортам жесткое ограждение в виде бортовых килей (скегов), а в носу и в корме — гибкое ограждение. У кораблей этой категории расход воздуха в единицу времени для создания воздушной подушки значительно меньше, чем у КВП с полным отрывом. Благодаря этому КВП с неполным отрывом от воды могут быть значительно большего водоизмещения. В качестве движителей на таких кораблях применяются гребные винты или водометы, обладающие по сравнению с винтами изменяемого шага относительно высоким коэффициентом полезного действия. Однако крупным недостатком гребного винта для этих кораблей является необходимость достаточно глубокого погружения его под воду, что значительно увеличивает осадку КВП и ограничивает плавание корабля по мелководным районам. Для управления такими кораблями используются балансирные рули. Водометные движители располагаются в корпусе корабля и тем самым уменьшают его осадку. Эти корабли имеют меньшее сопротивление воды своему движению по сравнению с винтовыми.

По способам и особенностям управления КВП занимают промежуточное положение между водоизмещаемыми кораблями и самолетами. Каждый проект КВП имеет свои особенности управления. В связи с большой скоростью, развиваемой КВП, особое значение приобретают их управляемость и маневренность. Особенностью этих кораблей является то, что для удержания их на курсе и обеспечения поворотливости приходится пользоваться способами, резко отличающимися от способов, применяемых для водоизмещающих кораблей.

Наибольшую сложность в управлении представляет КВП с полным отрывом от воды. Наибольшего дрейфа КВП достигает при боковом вете. Во время циркуляции КВП центробежная сила, приложенная к центру тяжести, смещает корабль в сторону, обратную повороту. Вследствие этого на скорости корабля свыше 30 уз при пользовании только аэродинамическими рулями радиус циркуляции достигает у кораблей различных проектов до $40 \div 70$ длин корпуса.

КВП обладает большей устойчивостью на курсе при следовании над водой, чем над твердым экраном.

КВП с полным отрывом от воды может двигаться в двух режимах.

Режим движения на воздушном пузыре используется при плавании в узкостях, каналах, при швартовке и других случаях, когда возникает необходимость следовать малой скоростью. КВП в этом режиме приобретает свойство, присущее КВП с неполным отрывом от воды. В этом состоянии корабль сильно подвержен действию течения. Плавание на воздушном пузыре должно быть кратковременным и скорость корабля в этом режиме не должна превышать $4 \div 5$ уз. При управлении кораблем во время плавания на воздушном пузыре необходимо иметь в виду, что аэродинамические рули из-за малой скорости корабля малоэффективны. Для изменения курса корабля рекомендуется

использовать разность тяги винта изменяемого шага и струйных рулей. Подход КВП к причалу, бочке, якорному месту должен выполняться против ветра и течения, а при разных направлениях их действия необходимо назначать курс против наибольшего из факторов.

При швартовке следует учитывать, что при нулевом положении винта изменяемого шага КВП за счет реактивной тяги выхлопных газов имеет скорость $1 \div 2$ уз, поэтому для полного погашения инерции переднего хода необходимо развернуть лопасти винта изменяемого шага на угол $3 \div 5^\circ$ в реверс.

Режим движения на воздушной подушке является основным для КВП и обеспечивает ему высокие скоростные и амфибийные качества. Надо иметь в виду, что при движении КВП с большой скоростью над поверхностью воды центр аэродинамического давления смещается в корму и корабль получает дифферент на нос, увеличивающийся с увеличением тяги движителей. Для избежания возникновения подобного явления, на КВП после преодоления горба сопротивления необходимо постоянно удерживать дифферент на корму $0,5 \div 1,0^\circ$. Невыполнение этого условия может привести к тому, что носовая часть гибкого ограждения может войти в контакт с водой и дифферент на нос резко увеличится. Носовое гибкое ограждение зароеется в воду, произойдет резкое торможение, а затем разворот и накрепление КВП. Неуправляемое зарывание при движении на скорости свыше 30 уз может быть значительным и опасным. В этом случае необходимо уменьшить скорость до нуля, перевести в реверс угол разворота винта изменяемого шага и, сбрасывая подушку, удерживать КВП на прямом курсе.

Перед поворотом корабля, если изменение курса более 30° , скорость КВП должна быть уменьшена до 30 уз. Перекладка рулей должна производиться плавно, на углы, при которых угловая скорость циркуляции не будет превышать $4^\circ/\text{с}$.

На малых ходах курс корабля можно изменять с помощью струйных рулей. Действие этих рулей осуществляется за счет реактивной тяги воздушных струй, выходящих под давлением через специальные сопла в корпусе корабля, расположенные по обоим бортам в носу и в корме. Открытие тех или иных заслонок струйных рулей создает разворачивающий момент. Следует иметь в виду, что при использовании струйных рулей происходит большой расход воздуха. Это приводит к уменьшению высоты подъема КВП над поверхностью воды, в результате чего увеличивается нагрузка на отдельные элементы гибкого ограждения, что может привести к повреждению его. В целях уменьшения радиуса циркуляции одновременно с применением струйных рулей можно использовать разворачивающий момент, возникающий от разности тяги винта изменяемого шага.

Наличие сильного ветра и волнения моря значительно усложняет управление КВП. В этих условиях необходимо избегать ударов корпуса корабля о гребень волны. При плавании в условиях волнения нужно стремиться к тому, чтобы обеспечить движение корабля по контуру волны, выбирая соответствующий угол к фронту волны. В этом случае КВП подвергается бортовой и килевой качке. Движение корабля против волны приводит к ударам гибкого ограждения и носовой оконечности о гребни волн, что снижает скорость и может повредить корпус и гибкое ограждение. Волны от проходящих кораблей следует всегда пересекать под углом к их фронту. При следовании против ветра КВП обладает хорошей устойчивостью на курсе. В целях улучшения его управляемости надо увеличивать дифферент на корму до $1 \div 1,5^\circ$ за

счет размещения грузов, с помощью дифференциальных систем или кормовых горизонтальных рулей. Если корабль идет по ветру, его управляемость значительно ухудшается. Возникает опасность зарывания в воду носовой оконечности корабля, и появляется повышенная рыскливость. При попутном ветре, превышающем скорость КВП, корабль может потерять управляемость. Для улучшения управляемости корабля при следовании по ветру необходимо увеличить дифферент на корму до 2° и для удержания корабля на курсе использовать все средства управления в комплексе.

При выполнении поворота, когда попутный ветер становится боковым, необходимо учитывать, что корабль ветром будет резко разворачиваться в направлении на ветер, поэтому необходимо за $30 \div 40^\circ$ до назначенного курса начать одерживать корабль.

Выполняя поворот на ветер, необходимо учитывать, что влияние ветра на КВП уменьшается по мере уменьшения курсового угла на ветер. Для уменьшения дрейфа от бокового ветра рекомендуется иметь крен $1 \div 2^\circ$ на наветренный борт.

Наиболее благоприятными курсами корабля относительно ветра являются курсы, когда корабль идет к ветру под курсовым углом $30 \div 40^\circ$. Преодолевая препятствие, командир должен учитывать не только его высоту, но и характер профиля (острые углы, выступающие части). Во избежание повреждения кормовой части гибкого ограждения, препятствия в виде обрывистой линии или ледяного поля следует преодолевать под прямым углом, предварительно уменьшив скорость. Для удержания корабля на курсе в этом случае необходимо использовать разность тяги винтов изменяемого шага. Использование струйных рулей не рекомендуется, так как это увеличивает расход воздуха из воздушной подушки.

При плавании в условиях низких температур воздуха необходимо своевременно удалять лед с поверхностей, подверженных обледенению, так как при переводе винтов в реверс возможен срыв отдельных кусков льда, которые могут повредить винт изменяемого шага и вентиляторы. При этом необходимо стараться управлять кораблем так, чтобы избежать использования винта изменяемого шага в реверс. При плавании над мелким битым льдом управление КВП практически не отличается от управления при плавании над водой, но в этих условиях из-за опасности повреждения гибкого ограждения режим движения на пузырьке даже на короткое время полностью исключается.

Управление КВП при движении над сплошным ледяным покровом практически не отличается от управления при движении над поверхностью земли.

При плавании КВП в узкостях при сильном боковом или попутном ветре необходимо одновременно использовать все средства управления кораблем: винты изменяемого шага, аэродинамические рули, струйные рули.

При сходе с берега, если уклон направлен от береговой линии, сход необходимо производить разворотом корабля на месте с помощью винтов изменяемого шага, аэродинамических и струйных рулей.

Если при сходе необходимо «спрыгнуть» с обрыва, следует увеличить скорость корабля, а в случае возрастания дифферента при сходе с обрыва загрузить винт изменяемого шага в реверс, одерживать корабль; с выравниванием дифферента корабля снова загрузить винт изменяемого шага.

Глава 2

УПРАВЛЕНИЕ МАНЕВРАМИ КОРАБЛЯ В РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

§ 2.1. УПРАВЛЕНИЕ КОРАБЛЕМ ПРИ ПОСТАНОВКЕ (СЪЕМКЕ) КОРАБЛЯ НА ЯКОРЬ, БОЧКУ, ШВАРТОВЫ

Постановка (съемка) корабля на якорь

Для постановки корабля на якорь командир не позднее чем за 30 мин выбирает место якорной стоянки (если оно не было определено оперативной службой или старшим начальником) и дает указания командиру штурманской боевой части о производстве расчетов на маневрирование для выхода корабля в точку постановки на якорь.

При выборе места якорной стоянки командир должен учитывать рельеф дна и характер грунта в целях обеспечения наибольшей держащей силы якоря, удаление места якорной стоянки от опасных глубин и навигационных опасностей, безопасность подхода к точке отдачи якоря, величину свободной акватории для маневрирования, исключаящую навал корабля на стоящие корабли и суда, наличие береговых ориентиров и навигационного оборудования, необходимого для определения места корабля при постановке на якорь и последующего контроля за местом корабля, степень защищенности от ветра и волнения.

Безопасный радиус места якорной стоянки ($R_{без}$) в метрах рассчитывается по формуле

$$R_{без} = L + \sqrt{l^2 - h^2} + \Delta M + \Delta l,$$

где L — длина корабля, м;

l — длина отданной якорь-цепи, м;

h — глубина места, м;

ΔM — погрешность определения места отдачи якоря, м;

Δl — запас якорь-цепи, который может быть потрачен при посвежении погоды, м.

Маневр выхода в точку отдачи якоря должен выполняться малыми ходами с учетом влияния ветра и течения.

Если ветер не превышает 2 ÷ 3 баллов, а течение отсутствует или менее 1 уз, подход к точке отдачи якоря можно выполнить любым безопасным курсом.

Не доходя до назначенной точки отдачи якоря, командир стопорит машины с таким расчетом, чтобы погасить инерцию переднего хода к моменту подхода корабля к точке якорного места.

Момент остановки корабля определяется по постоянству пеленга на береговой ориентир в траверсном направлении или путем наблюдения за винтовой обработкой. Когда струя от винтов при работе машин на

задний ход дойдет до места, расположенного под ходовым мостиком, считается, что корабль остановился и начинает набирать инерцию заднего хода.

Как только корабль начнет движение назад, машины останавливают и на инерции заднего хода отдают якорь. Якорная цепь травится свободно за счет инерции заднего хода. После вытравливания трех четвертей назначенной длины якорной цепи необходимо ее задержать. После задержания якорная цепь начинает обтягиваться, а носовая оконечность корабля приводится к ветру. Получив доклад о том, что якорь забрал, командир дает приказание потравить якорную цепь до назначенной длины, после чего она берется на цепной стопор. При постановке на якорь, если ветер превышает 3 ÷ 4 балла, подходить к точке отдачи якоря необходимо курсом, чтобы ветер был на курсовом угле $10 \div 20^\circ$ того борта, с которого будет отдаваться якорь. Корабль должен лечь на указанный курс заблаговременно. Если обстановка на рейде не позволяет это сделать, то поворот корабля в целях приведения ветра на курсовой угол $10 \div 20^\circ$ борта отдачи якоря выполняется непосредственно перед подходом к месту отдачи якоря. После выхода в точку отдачи якоря, имея незначительную инерцию заднего хода, как только нос корабля начнет уваливаться под ветер, отдают якорь. Необходимо проявлять осмотрительность, чтобы не допускать попадания якорной цепи в район винтов, рулей и стабилизаторов подводных лодок. Отдача (выбирание) якоря на подводной лодке производится из первого отсека. При этом должны быть приняты все необходимые меры, исключающие падение людей с надстройки, особенно в штормовую погоду.

Постановка корабля на два якоря производится для обеспечения большей надежности стоянки на якорях при сильном ветре и может выполняться против ветра или при боковом ветре. В первом случае, выйдя в расчетную точку, отдают сначала один якорь. С приходом на якорную цепь машинами разворачивают корабль в сторону, противоположную уже отданному якорю, на угол разноса якорей, который выбирается от 30° до 60° . После разворота на принятый угол разноса якорей корабль следует самым малым ходом в точку отдачи второго якоря. После отдачи второго якоря длины якорных цепей выравниваются. Во втором случае корабль следует к якорному месту курсом, перпендикулярным направлению ветра. Подойдя к точке отдачи якоря, стопорят машины, на инерции переднего хода отдают якорь наветренного борта и травят, не задерживая якорную цепь. Для выхода корабля в точку отдачи второго якоря необходимо пройти прежним курсом расстояние, при котором после выравнивания якорных цепей образуется угол разноса якорей в пределах от 30° до 60° .

Придя на инерции в точку отдачи второго якоря, гасят инерцию машиной наветренного борта и, когда корабль приобретает инерцию заднего хода, отдают второй якорь. Потравливая якорные цепи по мере дрейфа корабля, добиваются их равномерного натяжения.

Для уменьшения радиуса якорного места постановка корабля на два якоря производится способом фертоинг. При этом способе угол разноса якорей составляет $120 \div 180^\circ$, а маневрирование выполняется так же, как и при боковом ветре.

Во избежание образования крыжей при стоянке на двух якорях в условиях переменного направления ветра или течения в якорные цепи вводится фертоингова скоба.

В районах моря с большими глубинами постановка на якорь может осуществляться на банки, глубина над которыми позволяет стать якорь.

Если корабль становится на якорь на банку, которая по своим размерам близка к длине корабля, то маневр выхода в якорное место необходимо осуществлять на курсе против ветра или под острым ($15 \div 20^\circ$) курсовым углом к ветру. С выходом в точку, перед отдачей якоря, необходимо измерить глубину места ручным лотом с носовой оконечности корабля. Это делается в целях исключения отдачи якоря на склоне банки, что может повлечь за собой потерю якоря. Якорь отдается на незначительной инерции заднего хода путем стравливания якорной цепи в «электрическую» через шпиль.

Перед съемкой корабля с якоря необходимо тщательно оценить обстановку в районе стоянки и произвести расчеты на выход с рейда курсами, обеспечивающими безопасность и быстроту выполнения маневра. Выполняя маневр съемки с якоря, необходимо учитывать действие на корабль ветра, держащую силу якоря, стесненность рейда.

После доклада на главный командный пункт (ГКП) «Якорь встал» корабль считается на ходу, однако маневр начала движения следует начинать после доклада «Якорь чист».

При съемке с якоря в условиях сильного ветра и волнения необходимо, подрабатывая машинами, удерживать корабль против ветра в целях уменьшения натяжения якорной цепи и обеспечения тем самым благоприятных условий для работы шпиля. Подводную лодку до окончания уборки якоря и ухода людей с надстройки следует удерживать на курсе, перпендикулярном фронту волны, носом на ветер.

При съемке с якоря следует следить за дрейфом корабля, контролируя его место по пеленгам или дистанциям до береговых ориентиров. В случае дрейфа, который может возникнуть по мере выборки якорной цепи, необходимо, работая машинами, удерживать корабль на месте носом на ветер.

В тех случаях, когда тягового усилия шпиля недостаточно, чтобы оторвать якорь от грунта, что может наблюдаться при стоянке на скалистых грунтах или при длительной стоянке на илистых грунтах, необходимо якорную цепь взять на цепной стопор и вырвать якорь на инерции самого малого или малого переднего хода. Корабль, снимаясь с двух якорей, сначала выбирает якорь, цепь которого меньше натянута. Если якорные цепи имеют разную длину, первым выбирается якорь, цепь которого короче.

Маневрирование для выхода с рейда должно производиться расчетными курсами, заранее проложенными по карте с учетом навигационных опасностей, стоящих на рейде кораблей, действия ветра и течения.

С момента съемки и до окончательного выхода с рейда корабль должен быть подготовлен к плаванию в узкости.

Постановка (съемка) корабля на бочку

Выполнение маневра подхода к бочке зависит от способа заведения троса на бочку.

Если постановка на бочку осуществляется с помощью корабельных плавсредств, то кораблю необходимо подходить к бочке курсом против ветра или течения в зависимости от того, какой из этих факторов преобладает во время выполнения маневра.

Подойдя к бочке как можно ближе, корабль удерживают машинами носом на бочку. Шлюпка (катер) подходит к бочке с таким расчетом,

чтобы она находилась между кораблем и шлюпкой. Один или два человека переходят со шлюпки на бочку и принимают с корабля бросательный конец с проводником. Провод бросательный конец через рым бочки, крепят его к другому бросательному концу, при помощи которого через рым проводится проводник, а за ним и ходовой конец стального швартовного троса. После выборки на палубу бака ходового конца швартовного троса его огон крепится на кнехтах. На этом заканчивается маневр постановки корабля на бочку и по приказанию с главного командного пункта шлюпка отходит от бочки.

Маневрируя для постановки на бочку без использования корабельных плавсредств, корабль подходит к бочке с таким расчетом, чтобы остановиться, имея ее с подветренного борта под якорным клюзом в расстоянии $2 \div 3$ м от носа корабля.

Курс подхода к бочке необходимо иметь такой, при котором ветер будет на курсовом угле $15 \div 20^\circ$ борта, противоположного борту, с которого находится бочка. Как только носовая часть корабля слегка навалит на бочку и корабль остановится, по приказанию с ГКП на бочку спускается матрос, который проводит огон швартова через рым бочки и крепит его к проводнику. Личный состав с бочки убирается, как только огон швартова будет проведен через рым бочки и закреплен за проводник, после чего с помощью проводника на палубу выбирают швартов и крепят его за кнехт.

При постановке корабля на две бочки сначала выполняется маневр постановки на носовую бочку так, как было указано выше, а затем заводят конец на кормовую бочку. Для этого при помощи катера (шлюпки) поданный с корабля проводник проводят через рым бочки, возвращают обратно на ют корабля и с помощью его заводят на бочку стальной конец серьгой.

Для съемки с бочки отдают серьгу, после чего отходят от нее, как правило, на заднем ходу на расстояние, обеспечивающее безопасность дальнейшего маневрирования.

Если корабль снимается с двух бочек, то сначала отдается серьга с кормовой бочки и после того, как корма корабля отойдет от нее на безопасное расстояние, снимаются с носовой бочки.

Аналогичным образом производится постановка (съемка) подводной лодки на бочки. При этом постановка (съемка) подводной лодки на одну или две бочки может выполняться самостоятельно, а постановка на четыре бочки (а также на две бочки в свежую погоду или при наличии сильного течения в месте постановки) должна производиться с помощью буксира или катера.

Постановка (съемка) корабля на швартовы

Швартовка бортом к причальной стенке

Маневр начинается с занятия кораблем исходной позиции относительно места швартовки. При выборе исходной позиции и выполнении маневра необходимо учитывать воздействие на корабль ветра и течения. Если ветер и течение отсутствуют, то исходная позиция назначается на линии, расположенной под углом $10 \div 15^\circ$ к плоскости причала для больших кораблей и $25 \div 30^\circ$ для малых, на расстоянии $3 \div 5$ длин корпуса корабля от причала.

Заняв исходную позицию, корабль ложится на курс, ведущий в точку причала, где по расчету должна находиться корма корабля после окончания швартовки. От исходной позиции корабль следует к причалу самым малым ходом и, не доходя до причала $1,5 \div 2,0$ длины

корпуса, стопорит машины, а руль переключают в сторону борта противоположного борту швартовки, с целью развернуть корабль параллельно причалу.

По мере приближения корабля к причалу в зависимости от его инерции начинают гасить инерцию переднего хода корабля, работая машинами на задний ход. С этой целью, для ускорения маневра разворота корабля параллельно причалу, необходимо сначала дать задний ход машине наружного борта, а затем, когда корабль станет параллельно причалу, дать задний ход и машине борта швартовки.

Машины останавливаются, когда инерция переднего хода будет погашена и нос корабля к этому моменту находится на траверзе относительно расчетной точки на причале, определенной планом швартовки, а расстояние между бортом и причалом равно половине ширины корабля. Если в процессе швартовки нос корабля наваливается на причал, то необходимо увеличить число оборотов машины наружного борта, а если наваливается корма, то увеличивают число оборотов машины борта швартовки.

После подхода корабля к причалу на расстояние $15 \div 20$ м по приказанию командира с бака и шкафута подают бросательные концы и заводят швартовы.

Кормовой швартов необходимо заводить после того, как корма вплотную подойдет к причалу.

Первым с бака всегда подают носовой задний швартов, который одним — двумя шлагами заводят на кнехты и травят, не задерживая, пока корабль не станет на свое место. Если корабль проходит по инерции дальше назначенного места, то по приказанию с ГКП швартов может быть задержан. Делать это необходимо плавно, чтобы не обрывать швартов.

Маневр швартовки корабля при прижимном ветре выполняется из исходной позиции, выбираемой на ветре с учетом дрейфа. Корабль из исходной позиции идет курсом, параллельным причалу, с расчетом погасить инерцию переднего хода при подходе к назначенному месту причала, имея расстояние между ним и бортом, равное ширине корабля.

В этом случае инерция переднего хода корабля гасится одновременно обработкой заднего хода обеими машинами. В случае, если нос корабля после погашения инерции переднего хода наваливается на причал, необходимо кратковременно поработать машинами враздрай (машиной внутреннего борта — вперед самый малый, машиной наружного борта — назад малый).

Подход к причалу при отжимном ветре представляет наибольшую сложность. Для этого необходимо занять исходную позицию и лечь на курс, при котором сохраняется постоянство угла на точку причала, где по расчетам должна находиться корма корабля после окончания швартовки.

По мере подхода к причалу необходимо постепенно изменять курс под ветер с таким расчетом, чтобы корабль к моменту, когда его мостик поравняется с точкой, где должна останавливаться корма, занял положение, параллельное причалу, а расстояние между бортом и причалом было бы равно половине ширины корабля. Не доходя до места причала, где должен находиться нос корабля после швартовки, на расстояние, равное длине корпуса, стопорят машины. Для погашения инерции переднего хода дают задний ход сначала машине наружного борта с целью уменьшить угол подхода и, когда корабль станет параллельно причалу, дают ход назад машине внутреннего борта.

Гасить инерцию переднего хода необходимо энергично, работая малым, а если требует обстановка, то и средним ходом назад.

В момент, когда корабль остановился, подают по приказанию с ГКП швартовы: со шкафута (прямой) и с бака (задний).

После того, как шкафутный швартов будет закреплен на причале, его крепят на кнехтах, фиксируя тем самым расстояние от борта корабля до причала.

Если в процессе швартовки расстояние между причалом и кормой корабля получилось достаточно большим, то перед тем как подать кормовой швартов, необходимо, работая машинами враздрай, подвести корму к причалу.

Швартовка подводных лодок кормой на выход является основным способом их швартовки. При этом подход к пирсу (к борту корабля, ошвартованного у пирса) следует производить, как правило, под углом $15 \div 20^\circ$ на малой скорости, обеспечивающей управляемость подводной лодки, с обязательным учетом поправки на ветер и течение. Инерция переднего хода должна гаситься дачей заднего хода с таким расчетом, чтобы к моменту полной остановки подводной лодки расстояние между пирсом и форштевнем подводной лодки было $3 \div 4$ м. Для разворота подводной лодки на курс, параллельный причальному фронту, используют вертикальный руль, движители и вспомогательные средства движения. На двухвальных подводных лодках более быстрый разворот происходит на инерции переднего хода при руле, переложеном в сторону разворота, и при работе наружной машины на задний ход; на одновальных подводных лодках разворот на курсе обеспечивается переключкой руля в сторону разворота при работающей машине на передний ход и переключке руля в сторону, обратную стороне разворота подводной лодки, при движении ее задним ходом и работе гребного винта на задний ход.

Следует соблюдать осторожность, чтобы не повредить при швартовке стабилизаторы подводной лодки.

Для съёмки корабля со швартовов по приказанию с ГКП отдают все швартовные концы, за исключением носового заднего, и работой машинами враздрай (машина наружного борта — вперед самый малый ход, машина внутреннего борта — назад малый ход) отводят корму от причала, чтобы между линией причала и диаметральной плоскостью корабля образовался угол $15 \div 20^\circ$. После того как корма отойдет от причала, отдают носовой задний швартов, стопорят машину внутреннего борта, а машине наружного борта дают назад самый малый ход и переключивают руль на $15 \div 20^\circ$ в сторону внутреннего борта.

При наличии прижимного ветра угол, на который необходимо отвести корпус корабля относительно линии причала, должен быть увеличен до $30 \div 35^\circ$. Для исключения навала корабля на причал отходить надо, энергично работая одновременно обеими машинами назад малым ходом, имея руль переложеном на $15 \div 20^\circ$ в сторону внутреннего борта.

Отход подводной лодки от причала осуществляется после отброса кормы, при закрепленном носовом швартове, за счет работы машин враздрай на двухвальных подводных лодках и работы машины на передний ход с одновальной переключкой руля в сторону пирса на одновальных подводных лодках.

Швартовка кормой к причальной стенке

Для выполнения маневра корабль выходит на исходную позицию, находящуюся на линии швартовки (линия, проходящая через точку

отдачи якоря и место, где будет находиться корма корабля после швартовки), в расстоянии от причальной стенки $2,5 \div 3$ длины корабля. В момент подхода к исходной позиции корпус корабля должен быть параллелен линии швартовки, а его корма направлена в сторону причала.

Застопорив в исходной позиции машины, командир дает обеими машинами задний ход и направляет корабль по линии швартовки к причалу. По мере движения к причалу с помощью перекладки руля и изменения режима хода машин командир удерживает корабль на линии швартовки. Когда расстояние между причалом и кормой корабля будет равно его длине плюс $1 \div 2$ глубины в районе швартовки, по приказанию с ГКП отдают якорь и травят якорную цепь, не задерживая.

Момент отдачи якоря определяется заранее рассчитанным пеленгом на береговой ориентир.

В местах постоянного базирования для определения момента отдачи якоря может быть использован секущий створ каких-либо береговых ориентиров, так называемый «командирский створ».

В случае, когда держащая сила якоря недостаточна и с учетом возможных боковых ветров, отдают второй якорь в расстоянии $40 \div 50$ м от первого якоря. При отдаче двух якорей первым отдают якорь наветренного борта.

Приблизившись кормой к причалу на расстоянии, равное длине корабля, стопорят машины, и корабль продолжает движение по инерции. При подходе к причалу на расстояние, равное примерно половине длины корабля, инерция заднего хода уменьшается до минимальной путем кратковременной работы обеих машин на передний ход, а когда расстояние сократится до $15 \div 20$ м, по приказанию с ГКП задерживают якорную цепь, корабль останавливается, после чего подаются швартовы.

Если при швартовке корабля к причалу имеется ветер траверзных направлений, то исходная позиция выбирается с учетом угла дрейфа на ветре относительно точки причала, где по расчету должна быть ошвартована корма корабля.

Подход к исходной позиции, по мере возможности, необходимо производить с подветренной стороны относительно линии швартовки (рис. 2.1.1). При движении корабля к причалу командир, используя машины и руль, удерживает корабль на линии швартовки с таким расчетом, чтобы его диаметральной плоскость была перпендикулярна причалу.

В момент подхода к «командирскому створу» или расчетному пеленгу отдается якорь наветренного борта. После отдачи якоря швартовка осуществляется так же, как и при отсутствии ветра, за исключением того, что при подаче швартовов первым подается швартов наветренного борта.

При снятии со швартовов сначала отдают подветренные швартовы, заведенные на причал с кормы корабля, а затем, в последнюю очередь, отдают наветренный швартов. Если имеется значительный ветер траверзных направлений, для исключения навала корабля на другой корабль, ошвартованный с подветренной стороны, со шкафута снимающегося со швартовов корабля заводят швартов на носовую оконечность корабля, стоящего с наветренной стороны.

Выбирая якорную цепь, по мере продвижения корабля вперед, его удерживают от уваливания под ветер при помощи швартова, заведен-

ного со шкафута. После выхода среза кормы за линию носовых оконечностей ошвартованных кораблей, шкафутный конец (если он был заведен) отдают и дальнейшее удержание корабля от уваливания под ветер производится за счет работы машин до тех пор, пока не минует опасность касания гребными винтами якорной цепи корабля, стоящего с подветренной стороны.

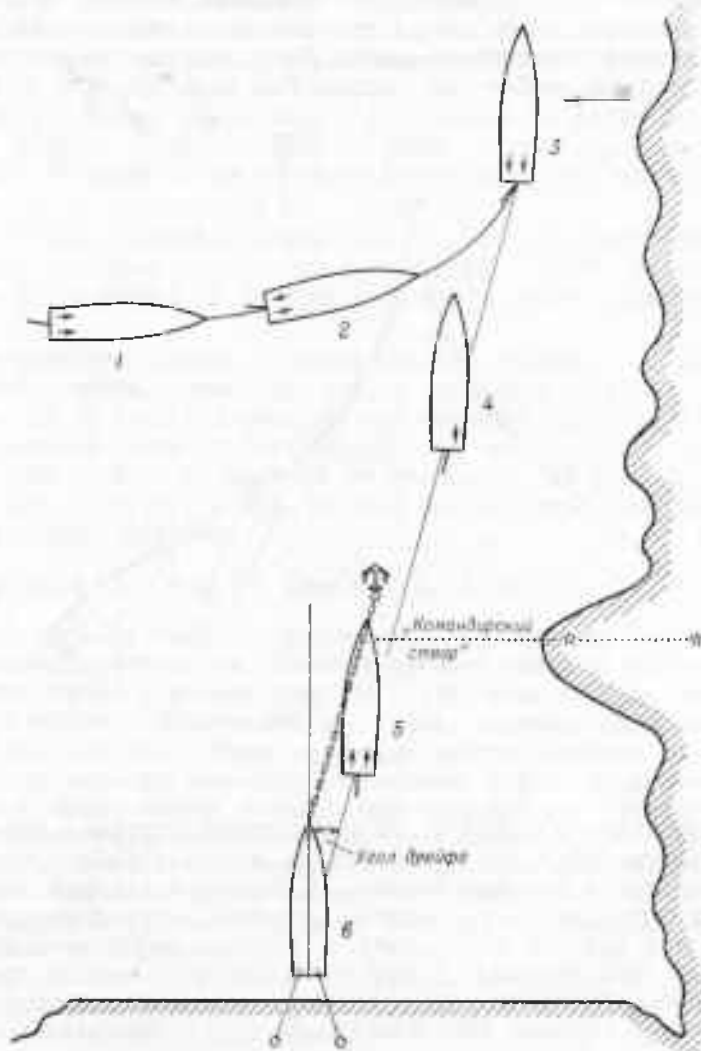


Рис. 2.1.1

Швартовка к борту корабля, стоящего на якоре

Выполняя этот маневр, необходимо учитывать, что корабль, стоящий на якоре, под действием ветра постоянно изменяет свое положение (рыскает по курсу и отклоняется от линии ветра попеременно то вправо, то влево).

Перед выполнением маневра подхода к борту для швартовки необходимо оценить характер рыскания корабля, стоящего на якоре, т. е. определить величину его наибольшего отклонения от линии ветра

и время, за которое корабль из одного крайнего положения переходит в другое крайнее положение и снова возвращается обратно.

Подход к борту корабля необходимо производить в период замедления его движения, когда он подходит к своему крайнему положению (рис. 2.1.2). Швартоваться надо к борту корабля, противоположному борту отдачи якоря, с таким расчетом, чтобы в момент подхода его борт швартовки был наветренным. Исходная позиция для подхода выбирается на расстоянии $1 \div 1,5$ длины корпуса подходящего корабля считая от кормы стоящего на якоре. Курс для выхода на швартовку назначается таким, чтобы угол подхода был $15 \div 20^\circ$.

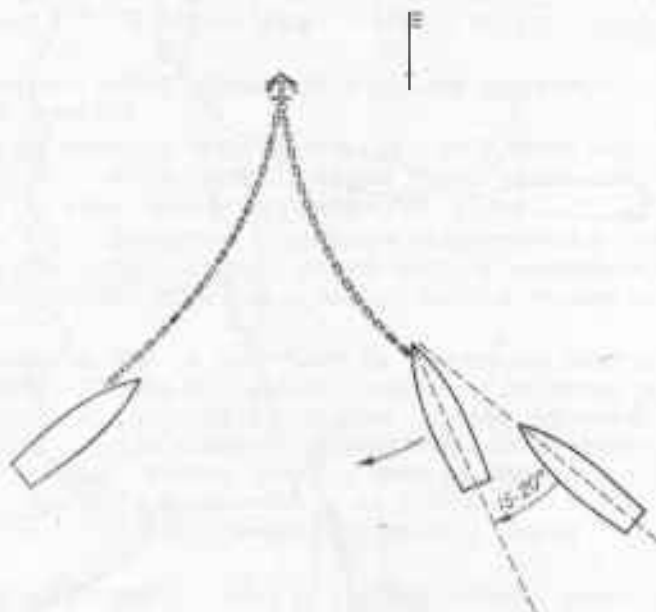


Рис. 2.1.2

Когда расстояние между носом подходящего корабля и кормой стоящего на якоре будет равным половине длины корабля, идущего на швартовку, на нем стопорят машины. С подходом носовой оконечности на траверз кормы корабля, стоящего на якоре, инерция переднего хода гасится дачей заднего хода сначала машине наружного борта для уменьшения угла подхода, а при необходимости задний ход дается обоим машинам одновременно с расчетом остановить корабль на расстоянии между бортами, обеспечивающем подачу бросательного конца.

Швартовка подводной лодки к кораблю, стоящему на якоре, осуществляется способом, аналогичным изложенному выше для швартовки надводного корабля. При выполнении маневра швартовки подводной лодки к кораблю, стоящему на якоре, следует помнить о стабилизаторах, не допуская их касания и ударов о борт корабля. Для этого маневр должен выполняться с таким расчетом, чтобы стабилизаторы всегда оставались за кормой корабля.

При значительном волнении моря корабль, к которому швартуется подводная лодка, должен стать на якорь способом «на шпринг» для уменьшения влияния волнения на подводную лодку. В этом случае подводная лодка подходит к кораблю со стороны борта, закрытого от волны.

Подход и швартовка подводной лодки к подводной лодке, стоящей на якоре, разрешается только в случае крайней необходимости на непродолжительное время в условиях, когда надежно можно обеспечить взаимную безопасность от возможных повреждений. Подход швартуемой пл должен осуществляться с носа к борту, противоположному тому, с которого отдан якорь. При этом стабилизаторы обеих подводных лодок не должны заходить за носовые оконечности друг друга.

При съемке со швартовов для отхода от борта корабля, стоящего на якоре, необходимо между кораблями завести через носовые киповые планки носовой прямой швартов и после отдачи всех остальных швартовов, обтягивая его шпилем с одновременной работой машинами враздрай, отвести корму корабля на угол, исключаящий павал носом при отходе. В зависимости от силы ветра этот угол может быть 30° и более.

После того как корабли разойдутся на угол, обеспечивающий отход при данных условиях погоды, по приказанию с ГКП отдают носовой и кормовой швартовы, а машине наружного борта дают ход назад малый.

Отход подводной лодки от борта корабля, стоящего на якоре, осуществляется задним ходом. При отходе подлежат потравить швартовные концы на $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{2}$ длины корпуса корабля, после чего отбросить корму подводной лодки от борта корабля. В момент, когда корма подводной лодки отойдет от корабля на расстояние $10 \div 15$ м, дать задний ход, следя за тем, чтобы носовая оконечность подводной лодки не касалась борта корабля.

Швартовка к борту корабля, лежащего в дрейфе

Для выполнения маневра подходящий корабль должен занять исходную позицию, которая в условиях свежего ветра и наличия волнения выбирается на курсовом угле $150 \div 140^\circ$ наветренного борта дрейфующего корабля в расстоянии $4 \div 5$ длин корпуса подходящего. Из исходной позиции подходящий корабль следует курсом на середину дрейфующего, работая одновременно обеими машинами вперед малый.

По мере приближения подходящего корабля его курс постепенно изменяется в сторону носовой оконечности дрейфующего, и когда расстояние между ними сократится до $0,5 \div 1$ длины подходящего, на нем стопорятся машины и дается задний ход обеими машинами с целью погасить инерцию переднего хода на расстоянии, обеспечивающем подачу бросательного конца.

Швартовка подводной лодки к кораблю, лежащему в дрейфе, разрешается только в крайних случаях, вызванных особыми обстоятельствами.

Подход подводной лодки к надводному кораблю, который дрейфует сильнее, чем подводная лодка, следует производить с наветренного борта.

Перед отходом от борта дрейфующего корабля, до отдачи швартовов, необходимо, работая передним ходом наружной машины отходящего, развернуть оба корабля с таким расчетом, чтобы корабли привелись к ветру кормовыми оконечностями. После этого, отдав швартовы, кроме носового прямого, заведенного через носовые киповые планки, необходимо обтянуть его шпилем и отвести корму отходящего. Отведя корму на максимально возможное расстояние и отдав носовой прямой, отходящий корабль, работая обеими машинами на задний ход, отходит от борта дрейфующего корабля.

Отход подводной лодки от корабля, лежащего в дрейфе, производится маневром, аналогичным описанному выше для отхода подводной лодки от корабля, стоящего на якоре.

Швартовка к борту корабля, имеющего ход

Выполнение маневра должно обеспечиваться соблюдением определенных условий, способствующих успеху. Такими условиями являются: корабль, к которому швартуются, должен идти самым малым ходом, строго удерживая курс, который выбирается против волны (ветра). После того как корабль, к которому осуществляется подход, ляжет на курс и даст назначенный ход, с него докладывают о готовности принять к борту подходящий корабль. Одновременно с этим докладом дается информация о его курсе и скорости.

Подходящий корабль занимает позицию на параллельном курсе в уступе со стороны борта, к которому будет выполняться швартовка, имея траверзное расстояние $1 \div 1,5$ длины корпуса подходящего. Расстояние между кормой впереди идущего корабля и носом подходящего должно быть $2 \div 3$ кбт.

Из этой позиции подходящий корабль следует параллельным курсом, имея скорость, превышающую скорость корабля, к которому швартуется, на $1 \div 1,5$ уз. С выходом на траверз впереди идущего корабля подходящий корабль изменяет курс на $2 \div 5^\circ$ в сторону корабля, к которому швартуется, и, удерживаясь относительно него на постоянном пеленге, начинает сближение. Когда расстояние между внутренними бортами сокращается до $1 \div 1,5$ ширины подходящего корабля, его скорость уравнивают со скоростью корабля, к которому швартуются, и с носа подают бросательный конец, при помощи которого заводят швартов.

Заведенный швартов по мере сближения кораблей обтягивается и, когда корабли сойдутся бортами, заводятся основные швартовы: с носа — передний носовой, с кормы — задний кормовой.

При дальнейшем совместном движении кораблей для обеспечения постоянного натяжения швартовов на подошедшем корабле снижают частоту вращения гребных винтов на $10 \div 15$ оборотов. Отход от борта корабля, имеющего ход, выполняется в траверзном направлении. Для этого отходящий корабль сначала уравнивает скорость относительно другого корабля, отдает швартовы и перекладывает руль на $5 \div 10^\circ$ в сторону наружного борта. По мере отваливания носовой оконечности на отходящем корабле увеличивается скорость.

§ 2.2. УПРАВЛЕНИЕ КОРАБЛЕМ ПРИ ПЛАВАНИИ В ШТОРМОВЫХ УСЛОВИЯХ

Во время приготовления корабля к бою и походу перед выходом в море на нем проводятся определенные мероприятия, направленные на подготовку корабля к плаванию в штормовых условиях. Командир корабля перед выходом в море должен проанализировать краткосрочный и долгосрочный прогноз погоды по маршруту предстоящего плавания и установить, какую гидрометеорологическую информацию (прогнозы погоды, факсимильные карты погоды, консультации по картам погоды и др.), от каких радиометцентров и в какие сроки надлежит принимать.

При нахождении корабля в море командир должен постоянно следить за изменениями гидрометеорологической обстановки, анализиро-

вать получаемую по радио гидрометеорологическую информацию, а также использовать местные признаки плохой погоды для своевременного обнаружения приближающегося шторма. В случае оповещения о наиболее опасных гидрометеорологических явлениях необходимо произвести расчет маневра для выхода из штормовой зоны циклона (уйти от сильного шторма — похвальная командирская предупредительность, а не боязнь моря).

Получив штормовое предупреждение в море, а также при резком усилении ветра и приближении штормовой погоды на корабле выполняются следующие действия. По корабельной трансляции личному составу корабля объявляется о приближающейся штормовой погоде. Во избежание попадания забортной воды внутрь корабля герметизируются его корпус и надстройки, задринваются двери, люки, горловины, выходящие на верхнюю палубу, проверяется герметизация иллюминаторов. Проверяется готовность к действию запасного и аварийного управления рулем, средств борьбы за живучесть, спасательных средств, штормовых лееров. У предметов и грузов, расположенных на верхней палубе и во внутренних помещениях, которые могут смещаться на качке, проверяется крепление. Оружие корабля, которое не находится в боевой готовности, крепится штормовыми креплениями. Спасательные шлюпки заваливаются и крепятся по-походному. Выход личного состава на верхнюю палубу ограничивается, а в сильный шторм запрещается вообще. Личный состав, несущий боевую готовность на открытых боевых постах и занятый работами на верхней палубе, должен быть одет в индивидуальные спасательные средства, а при необходимости дополнительно закреплен с помощью специальных страховочных поясов.

Смену вахты верхних боевых постов необходимо производить на курсе и скорости корабля, обеспечивающих наименьшую его качку и заливаемость. В целях контроля за выходом личного состава на верхнюю палубу у люков и дверей выставляется специальная вахта. Для передвижения по кораблю используются штормовые переходы.

Для избежания ошибок счисления, возникающих за счет неточного учета дрейфа, а также возможных погрешностей выработки приборами курса и скорости хода при качке, следует возможно чаще определять место корабля. В условиях штормовой погоды необходимо избегать приближения корабля к берегу и районам, изобилующим навигационными опасностями.

Если на корабле израсходовано большое количество жидких грузов, то для улучшения его остойчивости освободившиеся цистерны полностью заполняются забортной водой (балластируются).

Если корабль идет курсом по волне, то для его поворота на курс против волны следует сначала уменьшить скорость, а затем, переключая руль на $5 \div 10^\circ$, описать пологую циркуляцию на частных последовательных курсах по этапам (по $20 \div 30^\circ$).

Перед началом поворота необходимо объявить о нем по корабельной трансляции для предупреждения несчастных случаев при возникновении большого крена. Для уменьшения влияния штормовой волны на корабль его курс и скорость рассчитывают по универсальной диаграмме качки (рис. 2.2.1). Она позволяет командиру корабля:

- оценить обстановку с точки зрения возможной качки корабля;
- выбрать наиболее целесообразные скорость и курс корабля для уменьшения его качки;
- определить зоны, в которых может иметь место усиленная бортовая или килевая качка корабля;
- определить зону пониженной поперечной остойчивости;

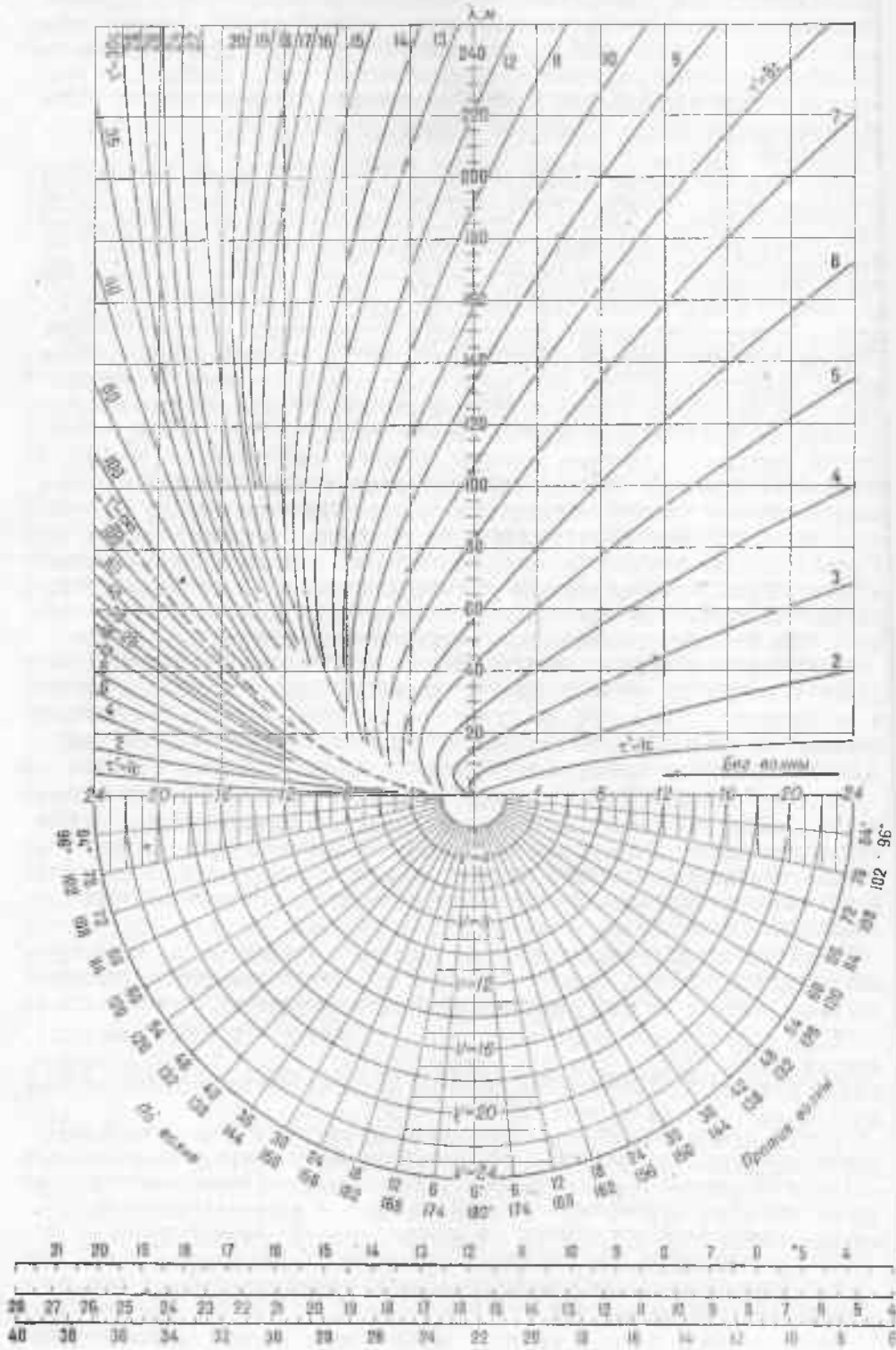


Рис. 2.2.1

— определить зону возникновения слеминга.

Универсальная диаграмма качки состоит из двух частей. Нижняя часть представляет собой семейство концентрических полуокружностей и лучи, выходящие из центра. Каждая из полуокружностей соответствует определенной скорости корабля в узлах, а каждый из лучей — углу φ в градусах, заключенному между диаметральной плоскостью корабля и фронтом волны (рис. 2.2.2). Углы между фронтом волны и курсом корабля даны в двух значениях (для правого и левого бортов корабля).

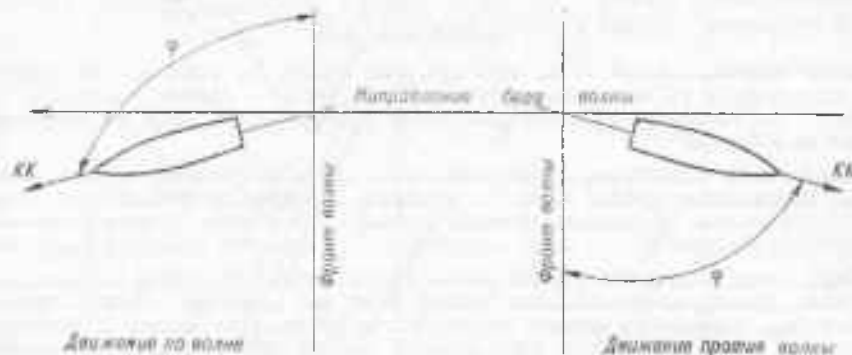


Рис. 2.2.2

Направление бега волны на диаграмме (рис. 2.2.1) принято считать справа налево.

Верхняя часть диаграммы представляет собой семейство кривых, каждая из которых соответствует определенному значению кажущегося периода волны или периода колебаний бортовой и килевой качки, выраженного в секундах. По вертикальной оси диаграммы нанесена шкала длин волн в метрах. Кривые, пересекающие вертикальную ось (шкала длин волн) в точках, соответствующих определенной длине волны, будут отвечать истинным значениям периода, который наблюдается с корабля при его движении лагом к волне или при стоянке на якорю.

Кривые кажущихся периодов волны, расположенные слева от пунктирной линии $\tau' = \infty$, соответствуют периоду волны, наблюдаемому с корабля, имеющего скорость хода, большую, чем скорость бега волн (корабль на попутном волнении обгоняет волну). Пунктирная кривая $\tau' = \infty$ отвечает случаю, когда корабль на попутном волнении теоретически бесконечно долго остается на гребне или подошве волны (скорость корабля равна скорости бега волн).

Вправо от этой кривой до вертикальной оси (шкала длин волн) находятся кривые кажущихся периодов волны, наблюдаемые с корабля, идущего по волне, но имеющего скорость меньшую, чем скорость бега волн (волна обгоняет корабль, идущий по волне).

Вправо от вертикальной оси расположены кривые кажущегося периода волны, который наблюдается с корабля при его движении против волны. На горизонтальной оси в точках пересечения с ней концентрических полуокружностей отмечаются скорости корабля от 0 до 24 уз в обе стороны.

Под диаграммой помещена шкала для определения кажущихся периодов волн, ограничивающих зоны тяжелой качки. На средней

линии этой шкалы откладываем периоды собственных колебаний бортовой (τ_b) и килевой (τ_k) качки корабля, а с верхней и нижней линии шкалы снимаем соответственно величины $\tau' = \tau_{b\psi} : 1,3$ и $\tau'' = \tau_{k\psi} : 0,7$

Исходными параметрами для пользования универсальной диаграммой качки служат: скорость корабля V ; направление бега волны, выраженное через угол φ ; периоды собственных колебаний (для бортовой качки — τ_b , для килевой качки — τ_k); кажущийся период волны или длина волны λ .

Рассмотрим пример использования универсальной диаграммы для оценки возможной качки корабля и выбора наиболее целесообразных курса и скорости в целях уменьшения качки.

Пример. Корабль длиной 91 м, имея среднюю осадку $T_{ср} = 5,4$ м, идет курсом 210° со скоростью 14 уз. Направление ветра 60° , сила ветра 5 баллов, волнение моря 3—4 балла. По прогнозу ожидается дальнейшее усиление ветра этого же направления силой до 9 баллов.

Решение. 1. Определяем с помощью пеленгатора направление фронта волн. Для этого берем пеленг фронта волн, т. е. измеряем направление гребней волн, образующихся при шторме на поверхности моря. Снятый с пеленгатора отсчет есть компасный пеленг направления фронта волн, составляющий для нашего примера $KП_{\psi} = 150^\circ$.

2. Определяем кажущийся период волны τ' . Установив пеленгатор параллельно фронту волн, фиксируем прохождение гребней через его визирную линию. С проходом через нить пеленгатора первого гребня волны пускаем секундомер и начинаем отсчет гребней волн, проходящих через ноль. В момент отсчета десять секундомер останавливаем и его показания делим на десять. Полученная величина является кажущимся периодом волны. Примем для нашего примера $\tau' = 16$ с.

3. Для расчета по диаграмме качки воспользуемся калькой (рис. 2.23). На листе кальки проведем вертикальную линию, которая дает нам направление «норд» и относительно нее из произвольно взятой точки на этой прямой отложим компасный пеленг направления фронта волн $KП_{\psi} = 150^\circ$. Эту точку принимаем за центр диаграммы качки.

4. Относительно направления «норд» из центра кальки проводим компасный курс корабля, равный для нашего примера $КК = 210^\circ$, и по его направлению откладываем от центра окружности вектор скорости $V = 14$ уз в масштабе диаграммы, конец которого определяет точку А. Угол, заключенный между вектором скорости корабля и направлением бега волн, обозначим α . Выполнив построения на кальке, накладываем ее на диаграмму таким образом, чтобы ее центр совместился с центром диаграммы, а линия направления фронта волн совпала с вертикальной линией нижней части диаграммы и имела направление от центра вниз. Дальнейшее построение будем производить на кальке, наложенной на универсальную диаграмму качки.

5. Для определения длины волны из конца вектора скорости корабля (точка А) проводим вертикальную линию до пересечения с кривой кажущегося периода волны $\tau' = 16$ с в точке d . Горизонтальная линия, проведенная через точку d , при пересечении со шкалой длин волн позволяет определить длину волны λ , равную для рассматриваемого примера 100 м.

Из характера кривых универсальной диаграммы видно, что при попутном волнении, т. е. когда вектор скорости корабля находится в левой половине диаграммы, вертикальная линия, проведенная из конца этого вектора, может (при некоторых значениях курса корабля и его скорости) пересечь кривую τ' дважды. Таким образом, получаются два значения длины волны.

Для установления истинного значения длины волны необходимо изменить параметры движения корабля (курс или скорость) и измерить новые значения кажущегося периода волны τ' . С новыми аргументами вновь определяют длину волны по диаграмме. Значение длины волны, которое окажется одинаковым при первом и втором определениях, является истинным. При длине волн, соизмеримых с длиной корабля, истинную длину волны можно определить, сравнив ее с длиной корабля.

6. Чтобы определить по диаграмме зону тяжелой бортовой качки, необходимо знать период собственных колебаний при бортовой качке.

Известно, что резонансная качка наступает при условии равенства периода собственных колебаний корабля и кажущегося периода волны. Период собственных колебаний корабля при бортовой качке (τ_b) в секундах для его определенной нагрузки

16.8	8.4	τ_{04}
22	11	1.3
	15.8	τ_{10}
		0.7

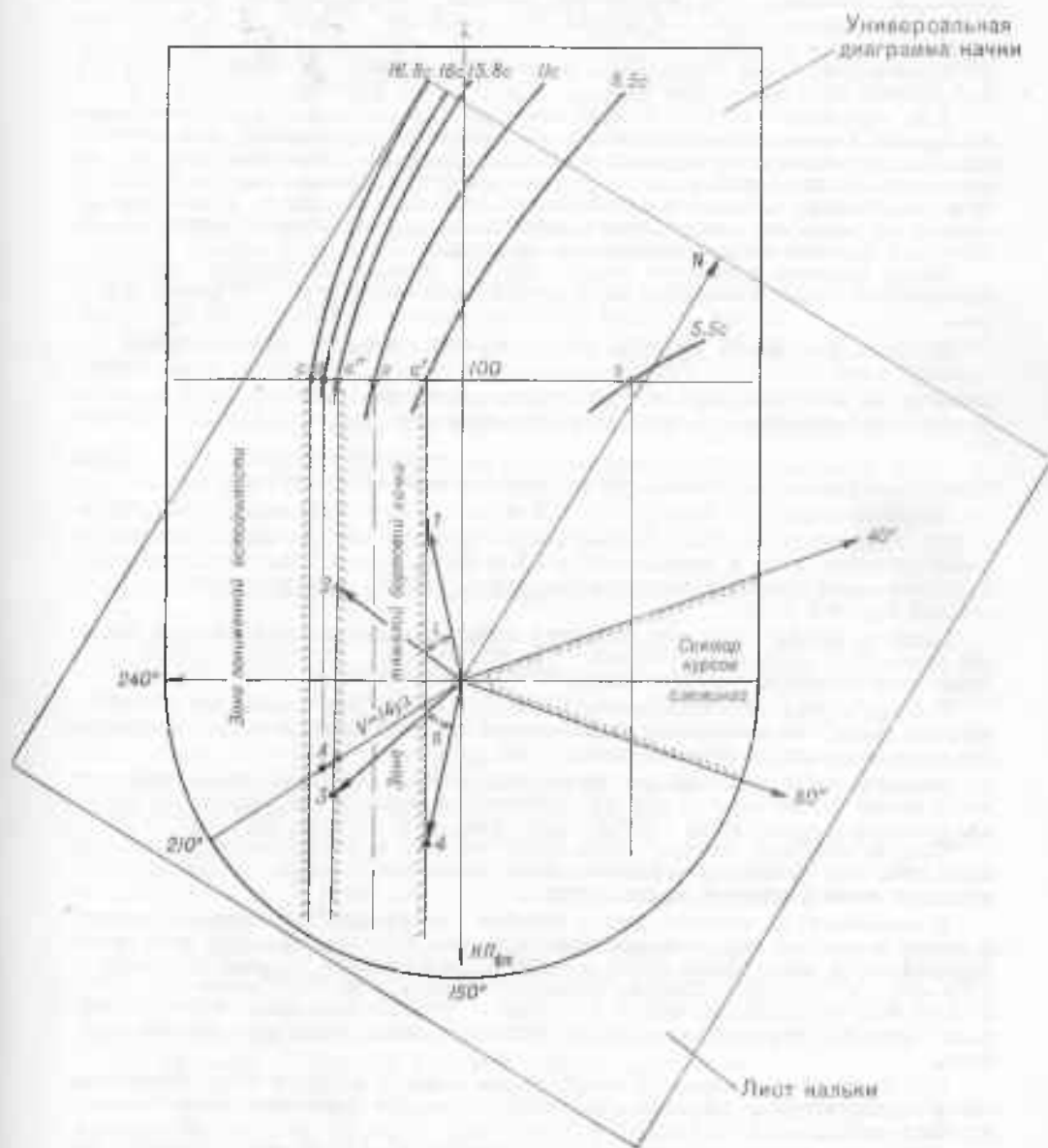


Рис. 2.2.3

выбирается из тактического формуляра, а также может быть рассчитан для любой нагрузки с помощью приближенной формулы

$$\tau_0 \approx K \frac{B}{\sqrt{h}}, \quad (2.2.1)$$

где K — коэффициент (для крейсера 0,60 — 0,63, для эскадренного миноносца 0,62 — 0,66, для сторожевого корабля 0,62 — 0,74);

B — наибольшая ширина корабля, м;

h — поперечная метацентрическая высота, м,

Период собственных колебаний корабля при бортовой качке может быть также определен опытным путем посредством замеров. Замеры должны производиться в море на бортовой качке, при которой крен составляет не менее 3° , а накренения корабля на оба борта выражены четко. При этом корабль не должен иметь статического крена. Этот метод применяется при отсутствии данных о величине коэффициента K и периоде собственных колебаний τ_0 в тактическом формуляре корабля.

Для определения периода собственных колебаний корабля при бортовой качке необходимо в момент прохождения стрелки кренометра через ноль пустить секундомер. При вторичном и последующих прохождениях стрелки кренометра через ноль во время ее движения всегда в одну и ту же сторону отсчитывают: раз, два и т. д. до трех-пяти отсчетов. С последним отсчетом останавливают секундомер и, разделив показания на число отсчетов, получают значение периода собственных колебаний корабля при бортовой качке в данной серии наблюдений.

Чтобы получить достаточно точное значение периода собственных колебаний корабля, необходимо провести не менее десяти серий наблюдений и их данные усреднить.

Допустим для нашего примера, что период собственных колебаний корабля при бортовой качке $\tau_0 = 11$ с. Тогда горизонтальная линия, проведенная через отметку длины волны $\lambda = 100$ м, пересечет кривую $\tau' = 11$ с в точке a (рис. 2.2.3). Опущенная из этой точки вертикальная линия (пунктир) определяет резонансный режим бортовой качки.

Чтобы определить зону тяжелой бортовой качки для нашего примера, необходимо нанести на среднюю горизонтальную шкалу диаграммы $\tau_0 = 11$ с, после чего на верхней шкале прочитать значение $\tau' = \tau_0 : 1,3 = 8,4$ с, а на нижней шкале $\tau'' = \tau_0 : 0,7 = 15,8$ с, после чего, проведя горизонтальную линию через $\lambda = 100$ м, определяем точки ее пересечения с кривыми $\tau' = 8,4$ с (точка a') и $\tau'' = 15,8$ с (точка a''). Через эти точки проводим вертикальные линии, которые будут ограничивать зону тяжелой бортовой качки.

Площадь между этими вертикальными прямыми является зоной тяжелой бортовой качки. Если конец вектора скорости корабля находится в этой зоне, корабль будет испытывать усиленную бортовую качку.

Так как внутри зоны проходит вертикальная пунктирная линия, определяющая резонанс качки, при нахождении конца вектора скорости корабля на этой линии будет возникать наиболее тяжелая (резонансная) качка.

Рассчитанная с помощью диаграммы зона тяжелой бортовой качки позволяет найти сектор курсов корабля при его определенной скорости или диапазон скоростей при постоянном курсе, когда корабль будет испытывать тяжелую бортовую качку.

Следует заметить, что при определенной скорости с изменением курса корабля изменяется угол φ , который в данном случае показывает возможность появления резонансной качки и величину ее амплитуды.

В зависимости от величины угла φ меняется действующий угол волнового склона, а значит и величина возмущающего момента волны. Величины амплитуд резонансной бортовой качки малы вблизи углов $\varphi = 90^\circ$ и увеличиваются по мере приближения к $\varphi = 0^\circ$ и $\varphi = 180^\circ$. Поэтому принято считать, что в диапазоне углов $\varphi = 90^\circ \pm 15^\circ$ (движение по волне) и $\varphi = 90^\circ - 15^\circ$ (движение против волны) амплитуды бортовой качки не могут достигать больших величин, несмотря на наличие резонанса.

7. С помощью нанесенной на планшет зоны тяжелой бортовой качки определяем сектор курсов корабля (скорость постоянная), в котором будет иметь место тяжелая бортовая качка.

Для этого, приняв величину скорости корабля $V = 14$ уз, сделаем засечки на вертикальных линиях, ограждающих зону тяжелой качки, радиусом, равным длине вектора скорости, из центра планшета. Нанесенные точки 1, 2, 3, 4 соединяем с центром планшета и получаем радиусы-векторы, ограничивающие секторы курсов № I и II, следуя которыми корабль будет испытывать тяжелую бортовую качку при скорости $V = 14$ уз.

В нашем примере сектор № I включает в себя курсы от 273° до 324° , а сектор № II — курсы от 156° до 210° , определенные с помощью транспортира относительно линии «норд».

Для уменьшения бортовой качки надо изменить курс корабля с таким расчетом, чтобы он не находился в секторах № I и II. В рассматриваемом примере курс корабля $КК = 210^\circ$ и находится на границе сектора № II.

Таким образом, для уменьшения бортовой качки необходимо так изменить курс, чтобы конец вектора скорости корабля находился в секторе курсов от 210° до 273° .

Изменяя курс корабля вправо, мы увеличиваем угол φ и тем самым уменьшаем бортовую качку. При угле $\varphi = 90^\circ$ корабль лежит на курсе, совпадающем с направлением бега волн, и в этом случае бортовая качка будет минимальной.

Часто по тем или иным причинам кораблю необходимо сохранить прежний курс. В этом случае для того, чтобы корабль не испытывал тяжелой бортовой качки, следует увеличить или уменьшить его скорость и тем самым добиться такого положения, при котором конец вектора скорости не будет находиться в зоне тяжелой качки.

Чтобы остаться на курсе 210° (в нашем примере), необходимо увеличить скорость свыше 14 уз или уменьшить ее до 2 уз.

Учитывая, что минимальная скорость, при которой корабль хорошо управляется, находится в пределах 5–6 уз, уменьшение скорости до 2 уз нецелесообразно. Таким образом, остается увеличение скорости, которое в условиях шторма не всегда возможно. В этом случае для того, чтобы корабль шел в заданном направлении, необходимо подобрать симметричные частные курсы в безопасных секторах, при которых движение корабля будет осуществляться по генеральному направлению.

Если в процессе плавания корабль вынужден идти курсом навстречу волне, он будет подвергаться усиленной килевой качке.

Величина амплитуды килевой качки зависит от угла φ и скорости корабля.

При угле $\varphi = 90^\circ$, что соответствует курсу строго против волны, корабль испытывает тяжелую килевую качку, а бортовая качка практически будет отсутствовать.

Амплитуды килевой качки корабля по сравнению с амплитудами бортовой качки невелики и даже в условиях резонанса редко превышают наибольший угол волнового склона. Поэтому для корабля имеет значение не сама килевая качка, а связанные с ней динамические нагрузки на корпусе и его заливаемость, которые ограничивают скорость хода.

Корабль, идя курсом против волны, обладает хорошей устойчивостью на курсе. Однако возникающие при этом удары волн о носовую оконечность могут при определенных условиях повредить корпус корабля, вызвав появление на нем трещин, разрывов, гофр. В результате килевой качки гребные винты могут частично оголяться, что приводит к уменьшению их коэффициента полезного действия и, как следствие этого, к уменьшению скорости корабля.

Наиболее тяжелая килевая качка возникает при резонансе, когда собственный период килевой качки и кажущийся период волны становятся равными. В этом случае при определенных условиях может возникнуть явление слеминга.

Слемингом называются тяжелые удары волн, которые испытывает носовая часть корпуса корабля при неблагоприятных сочетаниях длины волны, курса и скорости корабля, когда он идет против волны. Для того чтобы возник слеминг, необходимы следующие условия:

— наличие резонанса килевой качки, т. е. $\tau = \tau'$;

— корабль должен идти навстречу бегу волн в ограниченном секторе компасных курсов, которые находятся в пределах $КК = КП_{бв} - 20^\circ$ до $КК = КП_{бв} + 20^\circ$, где $КП_{бв}$ — компасный пеленг, взятый на направление, откуда бегут волны;

— длина волны должна быть больше или равна длине корабля;

— осадка корабля носом (T_n) должна быть равна или меньше $1/20$ длины корабля.

Наиболее тяжелый слеминг наблюдается на кораблях, длина которых приблизительно равна длине волны. Чтобы не допустить появления слеминга и уменьшить килевую качку, надо, пользуясь универсальной диаграммой качки, подобрать курс и скорость корабля, исключаяющие условия резонанса килевой качки.

Для этого, используя данные нашего примера и считая, что $T_n < \frac{1}{30} L$, определяем период собственных колебаний килевой качки корабля по приближенной формуле

$$\tau \approx 2,5\sqrt{T_{cp}} = 2,5\sqrt{4,8} = 5,5 \text{ с,}$$

где T_{cp} — средняя осадка корабля, м.

Совместив планшет с диаграммой так же, как и в первом случае, через отметку длины волны $\lambda = 100$ м проводим горизонтальную линию до пересечения с кажущимся периодом волны $\tau = 5,5$ с в точке b . Опущенная из этой точки вертикальная линия определяет условия резонанса килевой качки.

Все сочетания курсов и скоростей, при которых конец вектора скорости корабля располагается на этой вертикали, отвечают условиям резонанса.

Рассчитываем для нашего примера курсы корабля, ограничивающие сектор, в котором возникает слеминг:

$$KK_1 = KP_{об} - 20^\circ = 60^\circ - 20^\circ = 40^\circ;$$

$$KK_2 = KP_{об} + 20^\circ = 60^\circ + 20^\circ = 80^\circ.$$

Проведя их на планшете, получаем сектор курсов слеминга. Корабль, идя любым курсом, расположенным внутри этого сектора, со скоростью, при которой конец ее вектора в масштабе диаграммы качки будет находиться на линии резонанса, подвергается самому тяжелому слемингу.

Таким образом, при заданных в примере длине корабля, средней осадке, направлении бега и рассчитанной длине волны самый тяжелый слеминг будет в секторе курсов $40^\circ \div 80^\circ$ при скорости корабля $10,8 \div 11,2$ уз.

При плавании против волны для уменьшения килевой качки командир корабля должен выбирать курс и скорость, при которых бы не возникал слеминг. Очевидно, что для этого курс корабля выбирается вне сектора курсов слеминга, а скорость должна быть такой, чтобы конец ее вектора не находился на линии резонанса.

Назначая курс корабля справа или слева от сектора курсов слеминга, мы тем самым изменяем угол φ . Чем ближе курс корабля к направлению фронта волны, тем меньше будет угол φ , а это влечет за собой уменьшение килевой качки.

При движении корабля курсом вдоль фронта волны (лагом к волне), угол $\varphi = 0^\circ$ или $\varphi = 180^\circ$, килевая качка ощущаться не будет.

Следовательно, для того чтобы корабль при плавании навстречу волне не испытывал сильных гидродинамических ударов о нее и имел меньшую заливаемость, необходимо практически подбирать его курс и скорость за пределами сектора курсов слеминга.

Если плавание корабля курсами навстречу волне даже за пределами указанного сектора невозможно (сильные удары волны, значительная качка, заливаемость и т. д.), следует избрать безопасные курс и скорость по волне вне пределов секторов курсов, где имеет место тяжелая

бортовая качка. Эти курсы будут наиболее благоприятными с точки зрения качки корабля.

Плаывая курсом по волне, корабль может развить скорость хода большую, чем при плавании против волны. Вместе с тем при плавании по волне ухудшается устойчивость корабля на курсе, наблюдается значительная заливаемость кормовой оконечности попутной волной. В результате частичного оголения гребных винтов уменьшается их коэффициент полезного действия.

При определенных условиях плавания корабля по волне может произойти снижение его поперечной остойчивости. Наиболее опасны условия, при которых поперечная остойчивость на курсах корабля строго по волне может быть утрачена полностью. Это возникает, когда скорость корабля становится равной скорости бега волн, а длина корпуса равна или меньше длины волны. В этом случае корабль может оказаться средней частью корпуса на гребне волны и будет теоретически бесконечно долго находиться в этом положении ($\tau = \infty$). Если представить, что корабль находится миделем на гребне волны (рис. 2.2.4),

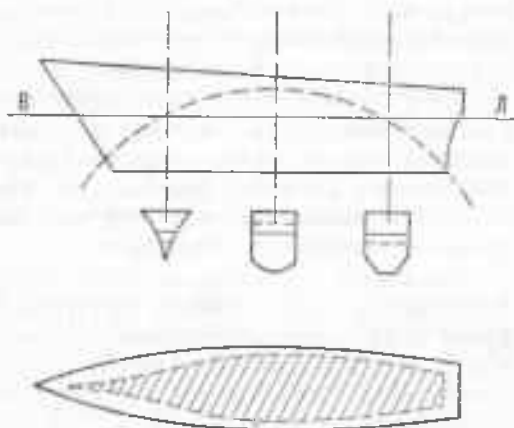


Рис. 2.2.4

то оконечности его корпуса частично оголятся, а в районе миделя уровень воды (обозначенный пунктиром) повысится относительно уровня действующей ватерлинии (ВЛ), которая наблюдается при плавании на спокойной воде. Это приводит к тому, что в оконечностях корабля вследствие развала бортов площадь действующей ватерлинии уменьшается. В районе миделя корабль практически прямобортен, поэтому здесь площадь ватерлинии не изменится. В результате общая площадь ватерлинии, обозначенная на рис. 2.2.4 кривой штриховкой, уменьшается по сравнению с ее площадью при плавании на спокойной воде, что влечет за собой уменьшение момента остойчивости формы и корабль теряет поперечную остойчивость. На попутном волнении тем больше снижается остойчивость корабля, чем круче волна. Практика мореплавания знает достаточно много случаев потери поперечной остойчивости на попутной волне, в результате чего корабли и суда опрокидывались. Известно, что с выходом волны на мелководье изменяются ее элементы (растут высота волны, ее крутизна, а длина и скорость бега уменьшаются). Поэтому опасность потери остойчивости возрастает при выходе корабля на мелководье курсом, совпадающим с направлением бега попутной волны. Признаком того, что скорость бега волны близка к скорости корабля при его плавании на попутном волнении, является значительное увеличение периода бортовой качки (свыше 25 %) и появление больших кренов. При возникновении такой ситуации необходимо для изменения соотношения скорости бега волны и скорости корабля резко сбавить обороты машины до самого малого хода.

Курсы корабля, близкие к направлению бега волны, являются не менее опасными, так как в этом случае кроме снижения его остойчи-

ности наблюдается увеличение рыскливости вследствие действия попутной волны.

Возникающий при этом большой крепящий момент может привести к появлению опасных кренов, а иногда и к опрокидыванию корабля.

Таким образом, значительное понижение остойчивости корабля наблюдается в определенном диапазоне скоростей в секторе курсов относительно направления и скорости бега волн. Отсюда возникает необходимость знать сектор курсов и диапазон скоростей корабля во время плавания по волне, при которых происходит значительное снижение его поперечной остойчивости. Зона пониженной остойчивости на диаграмме строится исходя из того, что время пребывания корабля на гребне волны, при которой возникает опасность его опрокидывания, определяется условием, когда кажущийся период волны $\tau' \geq 2\tau_0$.

Это объясняется тем, что за указанное время корабль, у которого снижена остойчивость, из-за нахождения на гребне волны успевает наклониться на угол, при котором восстанавливающий момент становится настолько мал, что под его действием корабль не может вернуться в остойчивое положение.

Практикой установлено, что по мере уменьшения кажущегося периода волны в зависимости от соотношения скорости бега волны и скорости хода корабля остойчивость его улучшается. Однако при изменении кажущегося периода волны в пределах 0,3 своего значения остойчивость корабля остается еще достаточно низкой.

Исходя из этого, необходимо расширить границы зоны пониженной остойчивости от значения $\tau' = \infty$ вправо или влево до величины $\tau' : 1,3$, где $\tau' = 2\tau_0$.

Используя данные нашего примера, совместив кальку с диаграммой, нанесем на нее зону пониженной остойчивости, для чего, рассчитав (применительно к нашему примеру) значение $\tau' = 2\tau_0 = 2 \times 11 = 22$, войдем с ним в среднюю горизонтальную шкалу и с верхней шкалы снимем значение $\tau' : 1,3 = 16,8$ с.

Горизонтальная прямая, проведенная через значение $\lambda = 100$ м, пересекает кривые $\tau' = 16,8$ с в точке с.

Проведя через эту точку вертикальную линию, получим правую половину зоны пониженной остойчивости. Левая половина зоны пониженной остойчивости, симметричная правой, находится за рамкой диаграммы.

В случае, когда конец вектора скорости корабля расположен в данной зоне, корабль имеет пониженную остойчивость.

Анализируя условия плавания корабля в секторе опасных курсов и в диапазоне соответствующих им скоростей, при которых конец вектора скорости находится в зоне пониженной остойчивости, можно сделать следующие выводы: наиболее опасным является курс строго по волне, когда скорость корабля равна скорости бега волны (для нашего примера $KK = 240^\circ$, $V = 24$ уз). В этом случае скорость хода корабля равна скорости бега волны и его поперечная остойчивость снижается до минимума.

При уменьшении скорости корабля его поперечная остойчивость улучшается и, когда вектор скорости выйдет из зоны пониженной остойчивости (в примере $V = 12$ уз), корабль будет иметь достаточную поперечную остойчивость, а его бортовая качка станет минимальной (килевая качка будет плавной). Это соответствует наиболее благоприятным условиям плавания по волне.

Если на $КК=240^\circ$ увеличить скорость корабля свыше 24 уз, поперечная остойчивость его будет улучшаться, но одновременно с этим станет увеличиваться килевая качка, так как в этом случае корабль, следуя по волне, начнет обгонять волну.

При плавании в шторм увеличение скорости корабля нецелесообразно, а иногда просто невозможно.

Таким образом, с точки зрения качки корабля наиболее выгодным является курс строго по волне, но при обязательном условии, что конец вектора скорости будет находиться вне зоны повышенной остойчивости.

Очевидно, что если даже вектор скорости корабля находится в зоне пониженной остойчивости, предпочтительными курсами будут те, при которых конец вектора находится на максимальном удалении от середины зоны и от направления бега волны.

Чтобы, следуя по волне, корабль не испытывал тяжелой бортовой качки и не имел опасного снижения поперечной остойчивости, его курсы надо располагать применительно к нашему примеру в секторе $210 \div 273^\circ$, а конец вектора скорости корабля должен находиться вне зоны пониженной остойчивости.

Например, при $КК=225^\circ V=12,8$ уз.

Подводные лодки совершают переходы в штормовую погоду, как правило, в подводном положении. Однако, если в силу сложившихся обстоятельств подводная лодка вынуждена следовать в надводном положении, то все изложенные выше рекомендации для надводных кораблей должны выполняться и подводной лодкой.

При сильном волнении моря наиболее выгодными курсами для перехода подводной лодки являются курсы, близкие (с разницей не более 30°) к направлению, перпендикулярному к фронту волны, т. е. против волны или по волне.

В конкретных условиях при выборе курса и скорости следует учитывать генеральное направление перехода, навигационную обстановку и их соответствие расчетным данным, полученным по универсальной диаграмме качки.

§ 2.3. УПРАВЛЕНИЕ КОРАБЛЕМ ПРИ ПЛАВАНИИ ВО ЛЬДАХ

Для успешного плавания корабля в ледовых условиях необходима его дополнительная подготовка. На корабле при подготовке к плаванию во льдах проверяется состояние корпуса, особенно в районе переменной ватерлинии носовой оконечности, и выявленные недостатки устраняются. В носовых отсеках на уровне переменной ватерлинии подкрепляется набор корпуса аварийными брусками и раздвижными упорами. Проверяются исправность и готовность к немедленному действию водотливной и осушительной систем. В помещениях носовой оконечности корпуса корабля на уровне действующей ватерлинии, где ожидается наибольшее давление льда, необходимо сосредоточить дополнительное количество аварийно-спасательного имущества, предназначенного для борьбы с водой (маты, раздвижные упоры, аварийный лес, пакля, быстросхватывающийся цемент). В целях уменьшения вероятности повреждения гребных винтов и руля рекомендуется создать дифферент на корму путем перекачки жидких грузов. Готовится и проверяется в действии система продувания приемных патрубков забортных отверстий системы охлаждения главных и вспомогательных механизмов.

Если корабль готовится к длительному плаванию в тяжелых льдах, для него планируется док, в котором проводится тщательный осмотр подводной части корпуса. Для большей надежности бронзовые гребные

винты заменяют стальными со съемными лопастями, а на кораблях с недостаточной прочностью обшивки корпуса в районе переменной ватерлинии устанавливается «ледовая шуба», представляющая собой на ружную деревянную обшивку, облицованную сверху листовым железом.

При подготовке к плаванию в ледовых условиях перед выходом в море необходимо тщательно изучить ледовую обстановку по маршруту перехода и нанести данные ледовой разведки на карту. При составлении предварительной прокладки маршрут следования надлежит выбирать с учетом ледовой обстановки, стремясь обойти лед.

При плавании корабля в районах, где возможна встреча со льдами, необходимо организовать постоянное наблюдение за льдом как техническими, так и зрительными средствами.

Дальность обнаружения кромки льда радиолокационными станциями зависит от возраста льда и его сплоченности. Блинчатый и ниласовый лед на экране радиолокационной станции практически не просматривается из-за его малой отражающей способности. Кромка сплоченного льда толщиной свыше 30 см наблюдается с расстояния до 30 кбт. Отдельные льдины или поля торосистого льда могут обнаруживаться со значительно больших расстояний. Чем торосистее лед, тем на больших дистанциях он обнаруживается радиолокационными станциями.

О приближении корабля к кромке скопления дрейфующего льда можно судить по появлению мелких, отдельно плавающих льдин, сплоченность которых постоянно увеличивается, уменьшению степени волнения по мере приближения кромки льда с подветренной стороны, по обнаружению полосы тумана на горизонте. При плавании в арктических морях признаком приближения к кромке больших масс сплоченного льда могут служить: появление отблесков в виде светлых пятен на низких облаках (так называемого «ледяного неба»), резкое понижение температуры воздуха, скопление морских животных.

Возникающее иногда в море явление рефракции позволяет визуально обнаружить кромку льда с расстояния, значительно превышающего обычную дальность визуальной видимости.

В процессе плавания на корабле должен быть налажен прием данных о ледовой обстановке по маршруту следования, что позволяет своевременно изменить курс для обхода скопления льдов. Для ледовой разведки по курсу движения корабля целесообразно использовать корабельный вертолет.

Командиру корабля рекомендуется по возможности обходить район скопления льда. Если обойти лед не представляется возможным и возникает необходимость его форсирования, перед тем как войти в лед командир корабля должен оценить проходимость льда на всем протяжении пути. Для оценки проходимости льда следует использовать данные ледовой разведки, позволяющие судить о сплоченности и толщине льда, об ожидаемой по прогнозу силе ветра и его направлении, данные о течениях в районе, а также прогноз ледовой обстановки.

Входить в лед без знания ледовой обстановки по маршруту движения корабля и без уверенности, что корабль сможет форсировать ледовое поле, категорически запрещается. Невыполнение этого требования может привести к тому, что корабль в результате подвижки льда может быть сжат им и получит повреждения корпуса, которые могут привести к гибели корабля.

Перед входом в лед на корабле необходимо:

— заблаговременно предупредить командира электромеханической боевой части о предстоящем плавании в ледовых условиях, чтобы он

мог своевременно установить тщательное наблюдение за охлаждением механизмов и продуванием забортных отверстий;

- установить повышенную готовность средств борьбы с водой;
- организовать постоянное визуальное и техническое наблюдение за ледовой обстановкой;
- организовать постоянное наблюдение за помещениями, находящимися в районе действующей ватерлинии и особенно в районе скуловых обводов корпуса корабля;
- поднять лаг, обтекатели опускаемых гидроакустических станций;
- убрать выдвижные рули успокоителей качки;
- подготовить и проинструктировать личный состав, назначенный для отталкивания льдин от района гребных винтов;
- выбрать наиболее благоприятное место для входа в лед (разводья, полыньи);
- определить место корабля.

Входить в лед необходимо под прямым углом к его кромке на самом малом ходу, а при входе в тяжелый сплоченный лед — на минимальной инерции переднего хода. После входа форштевня в лед, сообразуясь с его толщиной и сплоченностью, увеличивают скорость корабля до безопасной.

При плавании во льдах начальных стадий развития надо избегать больших скоростей корабля, так как при увеличении скорости циркуляция забортной воды для охлаждения механизмов становится интенсивнее, а следовательно, большее количество частиц льда попадает в решетки забортных отверстий системы охлаждения. Это может привести к нарушению режима работы главных и вспомогательных механизмов и в конечном счете к потере хода корабля. В этих условиях рекомендованной скоростью корабля следует считать скорость, не превышающую $14 \div 18$ уз.

При движении корабля во льду более поздних стадий развития (блинчатый, ниласовый лед) не рекомендуется чрезмерно увеличивать скорость хода даже при условии хорошей проходимости льда. Частота вращения винтов с учетом сопротивления льда должна соответствовать скорости, исключающей повреждения корпуса при ударе об отдельную более толстую и прочную льдину. Подобные льдины могут встречаться в битом сплоченном льду. При плавании в указанных ледовых условиях фактическая скорость корабля относительно льда не должна превышать 6 уз.

При наличии разводий плавание корабля должно осуществляться на частных курсах, обеспечивающих движение по чистой воде. Частные курсы необходимо подбирать с таким расчетом, чтобы сохранилось генеральное направление движения корабля.

Уклоняться от отдельно плавающих льдин по курсу корабля вахтенный офицер должен путем назначения частного курса с последующим выходом на прежний курс после прохода льдины или отдавая приказание рулевому «Льдину прямо по курсу оставить справа (слева)».

Следуя во льду, необходимо поддерживать постоянную скорость, изменяя частоту вращения винтов. В случае, когда скорость корабля резко падает из-за возрастающего сопротивления льда, увеличивать ход корабля более среднего от назначенного не рекомендуется. Если при даче среднего хода скорость продолжает падать, необходимо уменьшить ход до самого малого и за счет винтовой отработки отогнать битый лед, добиваясь появления разводья по корме. Для отвода от кормы более крупных льдин необходимо отталкивать их отпорными крюками при помощи личного состава, выделенного для этой цели. После того

как по корме появится участок чистой воды, кратковременно дается задний ход и корабль отходит по инерции со скоростью $2 \div 3$ уз назад по оси пробитого во льду канала. Руль при движении корабля задним ходом должен находиться в диаметральной плоскости.

Если корабль застрял во льду и дача заднего хода не приводит к желаемым результатам, чтобы уменьшить силу трения льда о корпус, можно применить попеременную работу машин враздрай, одновременно создав дифферент на корму. При сильном сжатии корабля льдом, когда с помощью работы машин выйти из льда не удастся, прибегают к обколке льда вдоль корпуса, от кормы к носу до мидель-шпангоута.

Одновременно с обколкой можно использовать подкильные стальные канаты или отрезки якорных цепей для подрезки льда по бортам. В отдельных случаях для уменьшения давления льда на корпус и обеспечения выхода из него корабля лед подрывают с помощью подрывных патронов. Подрывные патроны укладывают на безопасном расстоянии по линии, параллельной диаметральной плоскости корабля, по обоим бортам в специально подготовленные во льду лунки. Подрывные патроны располагают от траверза мидель-шпангоута (наиболее широкой части корпуса корабля) и далее по направлению к корме количество используемых подрывных патронов зависит от силы сжатия льда и его толщины.

Взрыв льда необходимо производить одновременно всеми подрывными патронами, разлив к моменту взрыва максимально возможный ход назад. После освобождения корабля от сжатия льдом дальнейшее движение корабля следует осуществлять обходными курсами, выбирая их по возможности против ветра, так как в этом случае корпус корабля будет испытывать меньшее сжатие льдом. Назначая курс корабля, надо стремиться обходить скопления смерзшихся торосистых льдов.

Учитывая, что при повороте корабля лед приталивается кормовыми обводами борта, противоположного стороне поворота, и может повредить гребной винт, рекомендуется поворот осуществлять на пологой циркуляции.

Плавая во льдах, необходимо внимательно следить за положением льдин, идущих вдоль борта, не допуская, чтобы вертикально вставшая и прижатая к борту льдина была затянута под подзор кормы при работающем гребном винте. Заметив приближение такой льдины к корме, нужно застопорить машину того борта, вдоль которого она проходит.

Обходить навигационные препятствия, расположенные прямо по курсу, следует с подветренной стороны, чтобы при дрейфе корабля со льдом исключить навал его на препятствие. Плавание между береговой линией и кромкой льда допустимо только в тех случаях, когда отсутствует подвижка льда и есть полная уверенность в беспрепятственном проходе. В противном случае следует обходить ледовые поля мористее. Во избежание повреждения гребных винтов и руля надо исключить работу машин на задний ход.

При ухудшении видимости из-за тумана или снежного заряда, когда визуальное наблюдение за окружающим корабль льдом становится невозможным, плавание может быть продолжено только при полной уверенности в проходимости льда на всем участке пути. В противном случае рекомендуется дать самый малый ход вперед и, работая «на упор» в целях недопущения вмержания корабля в лед, дожидаться улучшения видимости.

Плавая во льдах в условиях темного времени суток, необходимо включить прожектор для наблюдения за ледовой обстановкой.

Постановка на якорь во льду допускается только в крайних случаях, диктуемых обстановкой. Практическая целесообразность постановки на якорь имеется только в условиях первичных форм льдообразования, а также в разреженных льдах более поздних образований, когда их сплоченность не превышает $3 \div 4$ баллов. Отдавать якорь в сплошном или сильно сплоченном льду опасно, так как дрейф льда может привести к обрыву якорной цепи и потере якоря. При постановке на якорь в разреженном льду следует всегда помнить, что ледовая обстановка может быстро и резко измениться, поэтому нужно принимать меры предосторожности:

- не становиться на якорь в непосредственной близости к берегу, так как при дрейфе льда и его сплочении корабль может быть поставлен в тяжелые условия и, не успев выйти на чистую воду, будет прижат льдом к берегу;

- не вытравливать якорную цепь более двух глубин места постановки;

- постоянно осуществлять контроль за изменениями в ледовой обстановке;

- стоя во льдах на якорю, иметь машины в немедленной готовности к даче хода, а шпиль — к немедленной выборке якоря.

При дрейфе на корабль большого ледяного поля или большой массы битого, сильно сплоченного льда необходимо сняться с якоря и перейти в другой район. В отдельных случаях при движении сравнительно небольших одиночных льдин можно не сниматься с якоря, но для предотвращения сильного натяжения на якорную цепь дается ход машинами, чтобы удержать корабль на месте. В этом случае рекомендуется работать машинами таким образом, чтобы якорная цепь заняла положение вертикально вниз. С приближением льдины к кораблю следует упереться в нее форштевнем, переложить руль на один из бортов, работая машинами вперед, и пропустить льдину вдоль борта.

Для стоянки во льду без отдачи якоря корабль входит в кромку поля дрейфующего льда или берегового припая с таким расчетом, чтобы кормовая оконечность осталась на чистой воде. При такой стоянке необходимо следить за тем, чтобы корабль не вмерз в лед и при первой необходимости мог легко выйти из него. Для этого рекомендуется во время стоянки постоянно работать машинами «на упор», не допуская замерзания канала, пробитого во льду корпусом корабля.

Маневр швартовки корабля кормой или бортом к причалу с отдачей якоря или без отдачи его в условиях, когда в гавани имеются отдельно плавающие льдины, не представляет сложности и выполняется обычным порядком. Следует только избегать встреч с большими плавающими льдинами, не допуская подхода их к винтам и рулям.

Если акватория гавани покрыта сплошным или битым льдом, сплоченность которого достигает более $6 \div 7$ баллов, а толщина $15 \div 20$ см, выполнение маневра швартовки корабля к причалу значительно осложняется. В таких условиях швартовка корабля к причалу кормой самостоятельно исключается и допускается только с помощью буксиров. При самостоятельной швартовке бортом к причалу необходимо иметь в виду, что инерция корабля во льду гасится значительно быстрее, чем на чистой воде. При одной и той же частоте вращения винтов скорость корабля может значительно измениться, так как она зависит от плотности льда, которая изменяется на различных участках пути. Отдельные крупные льдины при движении корабля как на прямом курсе, так и на поворотах могут неожиданно заставить корабль «покатиться» в сторону, обратную стороне перекладки руля, или отклониться от

назначенного курса. Это необходимо иметь в виду, особенно при маневрировании вблизи кораблей, причалов и навигационных препятствий.

При сплошном покрытии льдом акватории рейда разворот корабля на месте при работе машин враздрай производить нельзя, так как это не дает ожидаемого результата и грозит повреждением винтов. Для разворота во льду и при подходе к причалу прибегают к последовательным поворотам с помощью коротких и длинных галсов (в зависимости от величины маневренного пространства, прочности и сплоченности льда). Швартуясь к пирсу в сплошном льду на переднем ходу, желательнее курс подхода выбирать параллельно пирсу с таким расчетом, чтобы между ним и бортом корабля оставалось $1 \div 2$ м. Скорость подхода следует выбирать такую, чтобы корабль погасил инерцию переднего хода за счет трения о лед без обработки заднего хода.

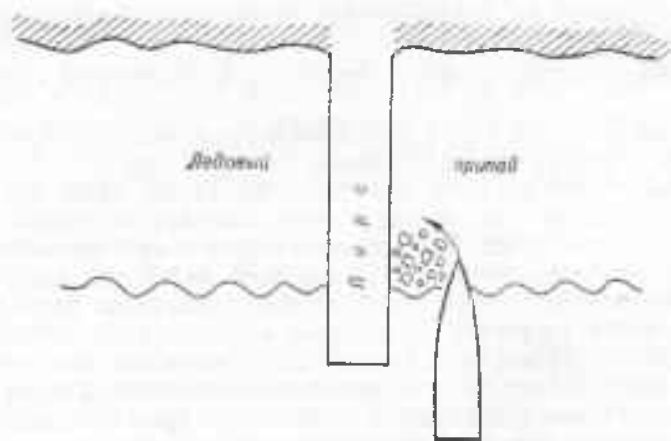


Рис. 2.3.1

При подходе к пирсу, когда большая часть его находится во льду берегового припая (рис. 2.3.1), необходимо в момент касания кромки льда иметь минимальную скорость. Носовая оконечность корабля при входе в лед стремится уклониться в сторону наименьшего сопротивления. В данном случае наименьшее сопротивление льда будет между пирсом и бортом корабля. Швартовка корабля к причалу бортом рекомендуется с наименьшим углом подхода, чтобы подвести корабль к стенке возможно ближе (рис. 2.3.2). В сплошном льду между бортом корабля и стенкой остаются льдины (положение корабля I). Для того чтобы подвести корабль к причалу, необходимо завести с бака на стенку носовой задний швартов, дать ход вперед машиной, одноименной с бортом швартовки, и, продвигаясь минимальным ходом вперед, одновременно потравливая швартов, поставить корабль параллельно причалу (положение корабля II). Одновременно для ускорения маневра рекомендуется выталкивать большие льдины, попавшие между бортом и причалом, отпорными крюками. Руль переключается на борт, противоположный борту швартовки.

Если выжать лед в носовой части не представляется возможным, следует на носовом и кормовом швартовах несколько сдать назад, а затем, прижимаясь форштевнем возможно ближе к причалу, снова дать ход вперед, отжимая лед от причала. При невозможности произвести самостоятельную швартовку в сплошном смерзшемся льду необходимо прибегнуть к помощи буксиров или ледокола. Для обеспече-

ния подхода корабля к причалу на курсах подхода и в местах поворотов ледоколом пробивается канал, соответствующий дуге циркуляции корабля. Кроме того, ледокол должен разбить лед у причала не менее чем на длину корабля.

В сложных ледовых условиях подходить к причалу можно следующим образом. Ледокол сам подходит к причалу так, чтобы форштевень был в том месте, где должен становиться форштевень корабля. Корабль, самостоятельно следуя за ледоколом в битом льду, подходит как можно ближе к его борту. После подхода корабля ледокол отходит задним ходом и освобождает ему место. Отход от причала во льду для корабля, ошвартованного кормой, не представляет трудности, так как в этом случае кораблю приходится работать машинами вперед. Для отхода от причала корабль, ошвартованный бортом, должен, как правило, отбрасывать корму, работая машинами враздрай, а затем давать задний ход. При сплошном ледовом покрытии возможность самостоятельного отвода кормы корабля от причала за счет работы машин враздрай зависит от мощности и сплоченности льда. В некоторых случаях необходимо прибегать к помощи ледокола или буксира. Ледокол должен предварительно обколоть лед вдоль борта корабля, проделав на выход канал, после этого отвести корабль от стенки и развернуть носом на выход. Во всех случаях отхода от причала с помощью ледокола или буксира необходимо стараться, чтобы корабль двигался вперед, а не лагом или назад, так как при движении лагом или назад под буксировочным усилием ледокола льдины уходят под корму корабля и могут повредить винты или руль.

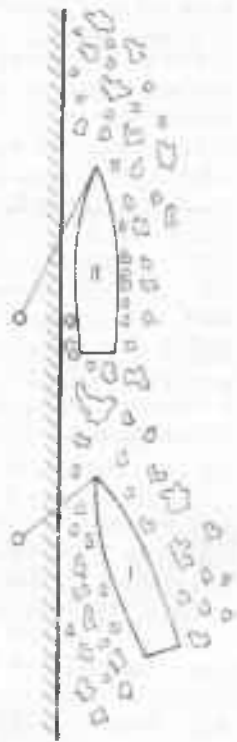


Рис. 2.3.2

Каждый отход от стенки во льдах при обеспечении ледоколом должен быть предварительно разобран на инструктаже капитаном ледокола. В отдельных случаях при плавании в тяжелых льдах не только отход, но и дальнейшее движение до чистой воды осуществляются при обеспечении ледокола.

Выполняя маневр в ледовых условиях, командир должен всемерно оберегать винты, руль и корпус корабля.

В случае невозможности самостоятельного плавания во льдах переходы кораблей осуществляются под проводкой ледоколов в составе простого или сложного каравана.

Корабли, плавающие во льдах с ледоколом, должны руководствоваться Правилами для судов, проводимых ледоколами через лед, которые ежегодно объявляются в первом выпуске Извещений мореплавателям Главного управления навигации и океанографии Министерства обороны СССР. В соответствии с названными Правилами корабли, нуждающиеся в проводке за ледоколом, должны ожидать его прибытия на чистой воде, не входя в лед. При следовании за ледоколом командир корабля руководствуется указаниями капитана ледокола, которые даются на инструктаже перед началом движения. На протяжении всей проводки поддерживается надежная радиосвязь ГКП корабля с ледоколом, которая должна дублироваться средствами звуковой и визуальной связи. Для передачи приказаний с ледокола и обмена

взаимной информацией используются международные сигналы, объявленные в Приложении к Правилам для судов, проводимых ледоколами через лед.

В целях уменьшения сопротивления движению кораблю необходимо идти за ледоколом в кильватер по чистой воде на безопасном расстоянии. По мере движения ледокола во льду канал с чистой водой за его кормой постоянно заполняется всплывающим битым льдом. Размеры чистой воды за ледоколом зависят от мощности льдов и их сжатия. Таким образом, свободная от льда поверхность воды за ледоколом ограничена по ширине и расстоянию от его кормы. Для того чтобы двигаться по чистой воде, кораблю в зависимости от ледовых условий приходится приближаться к корме ледокола. Дистанция между кормой ледокола и форштевнем следующего за ним корабля, а также между каждым из проводимых кораблей должна быть такой, чтобы с получением приказа шипа с ледокола «Остановиться» корабль, дав самый полный ход назад, смог остановиться, не доходя до впереди идущего корабля или ледокола.

Минимальную безопасную дистанцию (D_{\min}) между ледоколом и следующим за ним в ледовом канале по чистой воде кораблем можно рассчитать по приближенной формуле

$$D_{\min} = \frac{2V}{L} (t_{\text{св}} + t_{\text{отр}}) + S_{\text{ин}} + 0,5,$$

где D_{\min} — минимальная дистанция, в длинах корпуса проводимого корабля;

V — скорость корабля, м/с;

L — длина корабля, м;

$t_{\text{св}}$ — время передачи и разбора сигнала, с;

$t_{\text{отр}}$ — время, необходимое для производства реверса, с;

$S_{\text{ин}}$ — величина пробегания по инерции при погашении ее равноценной обработкой заднего хода, в длинах корпуса корабля.

Обычно при благоприятных условиях дистанция между кораблем и ледоколом устанавливается не менее 1,5–2 кбт. При движении во льду проводимый корабль не должен выходить из пробитого ледового канала. Обгон кораблей во время проводки запрещен. Капитан ледокола назначает скорость хода и дистанцию между кораблями, сообщаясь с обстановкой, но во всех случаях она устанавливается не выше 8 уз. Уклонение от льдин, всплывающих по носу у проводимых кораблей, производится путем изменения курса с одновременным уменьшением хода для исключения навала на льдину на значительной скорости.

Неоднородность ледового покрытия может в значительной степени и резко уменьшать скорость движения ледокола. Во избежание столкновения с ледоколом между ним и проводимым кораблем должна быть четко отработана взаимная информация, позволяющая своевременно погасить инерцию корабля. Если полностью погасить инерцию корабля дачей самого полного заднего хода не удастся, то для того чтобы не навалиться на ледокол, рекомендуется отвернуть в сторону кромки льда. При вынужденной остановке во льду вокруг корабля быстро смерзается битый лед. Чтобы избежать вмержания корабля в лед, необходимо работать малым ходом вперед «на упор», периодически кратковременно работая машинами враздрай. В этом случае струя воды от винтов позволяет сохранить чистую воду по корме. О всех своих действиях, связанных с проводкой корабля, необходимо информировать капитана ледокола.

Если в результате сжатия канал за ледоколом быстро заполняется льдом и не обеспечивает движения корабля по чистой воде на расстоянии, минимально безопасном от ледокола, приходится прибегать к проводке корабля методом буксировки. Для этого на корабле необходимо иметь в готовности буксирное устройство, а якоря рекомендуется поднять на палубу для обеспечения заводки буксирного каната через якорные клюзы.

В зависимости от степени сжатия льда буксировка может производиться:

- на длинном буксирном канате (более 100 м);
- на коротком буксирном канате (10÷30 м);
- вплотную (нос буксируемого корабля заводится в специальный вырез кормы ледокола и крепится буксирным канатом).

Буксирный канат всегда подается с ледокола. Его длина определяется из расчета, чтобы буксируемый корабль шел в свободной от льда части ледового канала.

Буксировка на длинном канате применяется в прямых ледовых каналах. При такой буксировке уменьшается опасность навала корабля на корму ледокола в случае внезапной остановки последнего.

Буксировка на коротком канате применяется кратковременно, когда лед, забивающий ледовый канал, не позволяет буксировать корабль на длинном буксирном канате, а у ледокола нет выреза в корме для буксировки вплотную. При этом способе буксировки значительно увеличивается вероятность навала корабля на корму ледокола при его внезапных остановках или замедлении хода, а также возникает опасность удара о подводную часть корпуса буксируемого корабля льдин, всплывающих в кильватерной струе ледокола.

Буксировка вплотную применяется при проводке в трудных ледовых условиях, когда ледовый канал вследствие сжатия сразу же по корме ледокола затягивается тяжелым льдом. При такой буксировке исключается навал корабля на корму ледокола, а упорное давление гребных винтов буксируемого корабля в отдельных случаях можно использовать в помощь ледоколу.

Недостатком этого способа является затрудненность маневра ледокола курсом. На крутых поворотах ледокола форштевень корабля может выйти из кормового выреза ледокола и возникнет угроза обрыва буксирного каната. Всплывающие в кильватерной струе ледокола льдины, имея значительную скорость, могут повредить обтекатель гидроакустической станции, винты и рули корабля. Во всех случаях буксировки корабль не должен давать переднего хода без согласования с капитаном ледокола, но должен быть постоянно готов дать полный задний ход при угрозе столкновения с ледоколом.

Подводные лодки в надводном положении осуществляют переход во льдах только за ледоколом или обеспечивающим надводным кораблем в строю кильватера своим ходом или на буксире. Особое внимание должно быть уделено недопущению повреждений обтекателей гидроакустических антенн, винтов, рулей и легкого корпуса подводной лодки, для чего подводная лодка путем принятия балласта увеличивает свою осадку и создает дифферент на корму.

§ 2.4. УПРАВЛЕНИЕ КОРАБЛЕМ ПРИ СПАСЕНИИ ЛИЧНОГО СОСТАВА, ТЕРПЯЩЕГО БЕДСТВИЕ НА ВОДЕ

Выбор способа маневра зависит от промежутка времени с момента падения человека за борт, возможности визуального наблюдения за ним и метеорологических условий в районе оказания помощи.

Маневр подхода к человеку, упавшему за борт, должен выполняться в кратчайшее время:

- поворотом на рассчитанный курс;
- полуповоротом с выходом на контркурс.

Если упавший за борт наблюдается с корабля, то сразу, с получением доклада на ГКП о падении человека, описывается циркуляция в сторону, где нет препятствий маневру, и корабль, не уменьшая скорости, ложится на курс, равный пеленгу на упавшего.

Дальнейшее маневрирование осуществляется таким образом, чтобы в кратчайшее время подойти к человеку, находящемуся на воде. Если подъем человека будет производиться непосредственно на борт корабля без спуска плавающих средств, то курс подхода необходимо выбирать против волны и ветра с расчетом привести упавшего в воду на траверз наиболее низкого участка надводного борта, с которого его будут поднимать. Инерция корабля гасится за счет работы на задний ход машины противоположного от человека борта.

При оказании помощи человеку, упавшему за борт, с использованием плавсредств, место корабля в момент спуска шлюпки (катера) необходимо занять на ветре относительно человека, плавающего на воде, имея минимальное безопасное расстояние от него. После того как шлюпка (катер) подошла к упавшему за борт человеку, корабль изменяет позицию и занимает место с наветренной стороны спасательной шлюпки (катера) в минимальном расстоянии от шлюпки, прикрывая ее от волн.

Маневр подхода к человеку, упавшему за борт, с поворотом на рассчитанный курс применяется в случае, когда упавший за борт с корабля не наблюдается, а поворот выполняется сразу же после его падения.

В этом случае курс выхода корабля в точку падения человека за борт рассчитывается по формуле

$$KK_n = KK_n \pm (180 \div \alpha),$$

где KK_n — компасный курс в точку падения человека, градусы;

KK_n — прежний компасный курс, градусы;

α — угол отворота определяется опытным путем для каждого корабля (в среднем равен $60 \div 70^\circ$).

При повороте вправо перед скобкой знак плюс, при повороте влево — знак минус.

Сторона, в которую описывается циркуляция корабля, выбирается в зависимости от наличия кораблей или навигационных препятствий.

После поворота на рассчитанный курс с корабля ведется поиск человека. С обнаружением человека маневрирование корабля для подхода к нему выполняется аналогично описанному выше.

Для поиска упавшего за борт человека в условиях ограниченной видимости, если время, прошедшее с момента его падения, точно неизвестно или если поворот на рассчитанный курс невозможно было выполнить сразу после падения человека, маневр корабля выполняется полуповоротом с выходом на контркурс.

Выполнение этого маневра осуществляется на прежней скорости, для чего за счет перекладки руля на борт корабль отворачивает на курс в любую, удобную в данных условиях сторону на угол β , который рассчитывается по формуле

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{D_v}{KV},$$

где β — угол отворота от прежнего курса, градусы;

$D_{ц}$ — тактический диаметр циркуляции, кбт;

K — коэффициент потери скорости на циркуляции (представляет собой отношение скорости на циркуляции к скорости на прямом курсе при той же частоте вращения гребных винтов);

V — скорость корабля, уз;

t — время перекладки руля с борта на борт, мин.

Как только курс корабля изменится на угол β относительно первоначального курса, руль переключают на противоположный борт и корабль осуществляет поворот на курс, обратный первоначальному курсу, с расчетом выйти в свою кильватерную струю.

Значение угла β должно быть заблаговременно рассчитано для различных скоростей хода и проверено на практике, для чего в этих целях следует выполнить маневрирование с расчетом выйти в свою кильватерную струю и подойти к ранее сброшенному плавающему предмету.

Полученное значение рассчитанных углов β сводится в специальную таблицу, которая должна быть на ходовом мостике.

Если при движении на первоначальном курсе учитывался угол дрейфа, то после того как корабль лег на обратный курс, необходимо его откорректировать углом дрейфа так, чтобы движение корабля осуществлялось по прежнему пути. На этом курсе осуществляется поиск упавшего за борт.

В случае, когда время падения человека точно неизвестно и для расчета исходят из предполагаемого промежутка времени, корабль входит в свою кильватерную струю ранее описанным способом, но уменьшая скорости, и следует этим курсом в течение времени, прошедшего с предполагаемого момента падения.

С прибытием в точку предполагаемого падения человека скорость корабля уменьшают до величины, обеспечивающей эффективный поиск в данных метеорологических условиях, и продолжают поиск человека.

В узкостях (фарватерах), где маневрирование корабля для спасения упавшего за борт стеснено, а падение человека наблюдается с ходового мостика или о нем было сразу же доложено на ГКП, необходимо остановить движение корабля работой машин назад полным или самым полным ходом.

Дальнейшее маневрирование осуществляется с таким расчетом, чтобы корабль в кратчайший срок мог подойти к человеку или занять позицию в минимальном расстоянии от него для спуска плавсредств. При оказании помощи большому количеству людей, находящихся на воде, маневрирование осуществляется с таким расчетом, чтобы корабль подходил в первую очередь к личному составу, плавающему без каких-либо спасательных средств, затем к плавающим на воде при помощи различных предметов с положительной плавучестью или одетых в индивидуальные спасательные средства и, наконец, в последнюю очередь поднимаются на борт люди, находящиеся на групповых спасательных средствах.

Спасение людей, плавающих на воде, может осуществляться как при помощи плавсредств, спущенных с корабля, так и непосредственно подъемом людей на борт корабля с использованием спасательных сетей и тралов, пневматических посадочных устройств, штормтрапов, мягких кранцев, шкентелей с мусингами, шкентелей грузовых стрел, таями шлюпбалок, кран-балок, многорядных и корабельных трапов.

Подходить к групповым спасательным средствам (шлюпкам, плотикам и др.) необходимо с наветра и как можно ближе, прикрывая их

от волн корпусом корабля. После того как инерция переднего хода будет погашена, с корабля на плавсредства подадут проводники и подтягивают их к борту.

На корабле, где имеются вертолеты, последние могут использоваться для оказания помощи личному составу, терпящему бедствие на воде, путем:

— сброса с вертолета спасательных средств (надувных лодок и плотов, спасательных жилетов и др.);

— подъема спасаемых на борт вертолета.

Подъем на борт вертолета людей, плавающих на воде или в шлюпке (плотике), осуществляется с помощью подъемного устройства вертолета. На вертолетах, где такое устройство отсутствует, подъем людей осуществляется с помощью штурмтрапа или транспортировкой на внешней подвеске.

§ 2.5. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЛЕМ ПРИ ПЛАВАНИИ ПО ВНУТРЕННИМ СУДОХОДНЫМ ПУТЯМ

Плавание кораблей и судов по внутренним судоходным путям имеет много особенностей, которые регламентированы специальными Правилами плавания по внутренним судоходным путям (ППВСП), изд. «Транспорт», 1984 г. В настоящем пособии изложены лишь главные из этих Правил.

К навигационным особенностям плавания по внутренним судоходным путям относятся:

Узкости. Плавание проходит по стесненным фарватерам, называемым судовым ходом. Судовой ход характеризуется глубиной, шириной, радиусом кривизны, надводной высотой проводов, мостов. Особым видом плавания в узкости является проход кораблем шлюзов и мостов.

Течения. На реках различают два вида плавания: по течению и против течения. Течение значительно изменяет скорость и маневренные элементы корабля и судов. Управляемость корабля против течения лучше, чем по течению.

Мелководье. В условиях сезонных колебаний уровней рек мелководье может привести к невозможности плавания кораблей и судов в период самого низкого уровня воды в реке.

Плавание на мелководье уменьшает скорость и увеличивает рыскливость корабля.

Береговые знаки. Весенние знаки устанавливаются на мысах и других затопляемых вповодье местах и служат для ориентировки при плавании в условиях высокого уровня воды. Перевальные знаки устанавливаются в местах перевала судового хода от одного берега реки к другому. Створные знаки указывают судовую ход на прямолинейных участках большой протяженности. Ходовые знаки служат для указания судового хода, расположенного в непосредственной близости от берега. Сигнальные мачты служат для подъема сигналов, обозначающих фактическую глубину и ширину судового хода. Семафорная мачта обеспечивает подъем сигналов, регулирующих проход судов и плотов на участках с односторонним движением. Знак «Сигнал» выставляется на подходах к участкам пути, где расхождение и обгон судов затруднительны, и на подходах к участкам пути с односторонним движением. Береговые знаки подводных и надводных переходов ограждают места прокладки через реки и каналы телефонных, телеграфных, электрических кабелей, тоннелей и т. п. Знаки ходовых пролетов мостов указы-

вают пролеты, под которыми должны проходить корабли, составы и плоты. Рейдовые знаки обозначают границы рейдов.

Плавучие знаки. Бакены правого (по течению) и левого берега служат для обозначения границ судового хода и навигационных опасностей. В местах разветвления судового хода устанавливаются рядом два бакена — красный и белый, которые корабль может обходить с любой стороны. Свальный бакен устанавливается вне судового хода за той его кромкой, в сторону которой направлено свальное течение. Веха ограждает подводные препятствия или кромку судового хода.

Знаки судоходной обстановки на каналах, водохранилищах и озерах устанавливаются по латеральной системе для ограждения правой и левой сторон фарватера с помощью бுவ, вех, створов и плавучих пирамид. Прямолинейные участки фарватеров протяженностью более 10 км оборудуются щелевыми створами. На крупных озерах применяется кардинальная система ограждения, принятая на морях СССР.

Постановка корабля на якорь должна выполняться в стороне от фарватера на расстоянии не ближе 100 м от перевальных и створных знаков, 200 м — от грузопассажирских причалов, дебаркадеров и доков, 300 м — от судов с нефтегрузами 1-го класса (керосин, бензин) и других взрывоопасных судов, 500 м — от наплавных мостов и водосливных плотин. Запрещается становиться на якорь в узкостях, на перекатах, на крутых изгибах рек и каналов, у берегов с прижимным течением, в местах прокладки подводных кабелей, тоннелей и трубопроводов, между сигнальными мачтами железнодорожных мостов.

При постановке на якорь в нижнем бьефе плотины необходимо учитывать наличие суточных колебаний уровня воды, амплитуда которых может достигать более 2 м.

Постановка на якорь осуществляется, как правило, против течения, поэтому корабль, следующий вниз по течению, должен предварительно выполнить маневр разворота на обратный курс. Подход к месту якорной стоянки необходимо осуществлять против течения, ветра или под углом к ним, не превышающим $15 \div 20^\circ$. Не рекомендуется становиться на якорь в районах с сильным течением. Швартовку корабля к причалам (дебаркадерам) лучше выполнять на курсе против течения.

Если корабль двигался по течению, ему необходимо развернуться на обратный курс и после этого начинать маневр подхода к причалу. Не доходя до причала на $2 \div 3$ длины корабля, командир должен уменьшить ход до малого и направить корабль под углом $20 \div 25^\circ$ к линии причала с таким расчетом, чтобы курс был направлен в точку, находящуюся на расстоянии длины корпуса выше по течению от места на причале, где должен располагаться форштевень корабля после постановки его к причалу.

Когда расстояние от форштевня до точки причала, где должен располагаться нос корабля, сократится до 0,5 длины корпуса, командир стопорит машины и в зависимости от инерции хода гасит ее дачей заднего хода машиной наружного борта.

Швартов подается с бака корабля и крепится на кнехтах, а корма под действием течения подходит к причалу. Швартовку корабля к причалу при наличии сильного прижимного ветра для исключения опасности навала корабля на причал необходимо выполнять с предварительной отдачей якоря. Для этого командир корабля отдает якорь наружного борта выше по течению относительно места швартовки в расстоянии от причала $1 \div 1,5$ длины корпуса. Дальнейшее маневрирование заключается в том, чтобы, работая машинами для удержания корабля на траверзе относительно места швартовки за счет перекладки

руля в сторону причала, подвести корабль к причалу параллельно. Чтобы исключить навал корабля на причал, его боковое перемещение сдерживается за счет скорости и потравливания якорной цепи.

При съёмке со швартовов корабля, стоящего носом против течения, сначала отдают носовые швартовы и перекаладывают руль на внешний борт. Под действием течения корма прижимается к причалу и корабль, удерживаясь на кормовом переднем швартове, отходит носом от причала. После отхода носа корабля от причала на $15 \div 20^\circ$ отдают кормовой швартов и машиной внешнего борта дают вперед малый ход с одновременной перекалкой руля в сторону причала для отвода кормы от него.

В случае, когда при плавании по внутренним судоходным путям корабль вынужден проходить под мостом, командиру необходимо знать конструкцию моста, габариты его судоходного пролета применительно к уровню воды в момент прохода, судоходную обстановку в этом районе, а также характер течения, направление и силу ветра.

Основными ориентирами при подходе к мостам являются направляющие бакены, щит ходового пролета, створные огни и знаки, регулирующие проход кораблей и судов под мостами.

Мосты, пересекающие судоходные пути, по конструкции разделяются на мосты на опорах (с неподвижными и разводными пролетами) и паплавные.

У мостов на опорах с неподвижными фермами устанавливаются направляющие бакены ходового пролета, по которым определяется направление течения. Если мост расположен на прямолинейном участке судового хода и течение направлено по оси пролета моста, в $100 \div 200$ м от него устанавливается по две пары бакенов. Если мост находится на криволинейном участке русла реки и течение направлено под углом к оси пролета моста, выше его ставится две пары бакенов (в $400 - 1000$ м), расположенных так, чтобы образуемая ими и бакенами первой пары линия судового хода совпадала с направлением течения. При наличии свального течения на подходах к мосту устанавливаются направляющая обстановка и свальные бакены.

Для прохода кораблей под мост сверху (по течению) ходовой пролет обозначают ромбовидным щитом красного цвета (в ночное время — двумя красными створными огнями), для прохода кораблей снизу (против течения) — квадратным щитом красного цвета (в ночное время — двумя красными створными огнями), для прохода кораблей снизу (против течения) на лицевой стороне фермы в середине щита и находится ближе к кораблю, нижний — под фермой, на ее обратной стороне, дальше от корабля. При высоте нижней фермы над фактическим уровнем воды до 10 м на опорах горят два зеленых огня, а при высоте фермы свыше 15 м — четыре зеленых огня. Эти огни расположены вертикально на квадратных щитах зеленого цвета, которые служат указателями подмостовых габаритов в светлое время суток.

На арочных мостах (без промежуточных опор) габаритные огни устанавливаются на щитах белого и зеленого цвета, прикрепленных к ферме.

На подходах к некоторым мостам в случае необходимости могут быть установлены семафоры и светофоры, регулирующие пропуск и проход корабля под мост. Семафорные мачты ставят сверху (по течению) не ближе 1 км от моста, снизу (против течения) — не ближе 200 м от него. При подходе к таким мостам командир корабля должен убедиться в наличии разрешительных сигналов на семафоре (если таковой имеется) и определить ходовой пролет.

Мосты на опорах с разводными фермами имеют более узкие (до 50 м) пролеты. Световые сигналы в разводных пролетах таких мостов устанавливаются местными правилами плавания. Пролеты этих мостов разведываются по расписанию. Поэтому проход кораблей и судов через них носит групповой характер. Движение кораблей и судов осуществляется в строю кильватера. Общее руководство проводкой осуществляет диспетчер порта, очередность пропуска устанавливает дежурный капитан рейда.

При наличии разрешительных сигналов командир корабля определяет ходовой пролет, скорость и курс с учетом ветра и течения и направляет корабль под мост. Военные корабли и суда проходят под мостами на малых ходах. Наибольшая точность проводки кораблей большого водоизмещения достигается при ходе, равном $6 \div 8$ уз.

Проводка кораблей и судов через наплавные мосты осуществляется в разведенную часть моста, которая в темное время суток обставляется с правой (по течению) стороны двумя красными и с левой — двумя белыми огнями, расположенными на концах разведенной части.

Проход при отсутствии ветра и свального течения осуществляют по середине судоходного пролета моста.

При наличии свального течения и бокового ветра следует заблаговременно рассчитать пеленг прохода по мосту, который берется перпендикулярно оси моста и проходит по середине его судоходного пролета. На основании этого пеленга производится корректура пути корабля, следующего под мост. Если дрейф корабля от бокового ветра направлен в сторону правого устоя моста, курс корабля должен быть избран ближе к левому (в зависимости от величины дрейфа), и наоборот. При проходе сверху следует держаться ближе к устью моста, от которого направлено свальное течение, но не слишком близко во избежание возможного навала. При проходе снизу корабль должен следовать по середине главной струи течения с учетом возможного сброса носовой части корабля на суводи от устоя моста.

Встречное движение кораблей и судов одновременно в один и тот же пролет запрещается. Право прохода в этом случае предоставляется кораблю, идущему сверху.

Подводные лодки при наличии достаточной глубины могут проходить судовые пролеты в позиционном положении без разводки моста.

Корабли для ожидания прохода под мост останавливаются не ближе знака «Сигнал» или семафорной мачты.

Во время сильного ливня, снегопада или тумана, исключающих видимость мостовых сигналов, проход под мостом запрещается.

При проходе под линиями электропередач командир корабля должен учитывать стрелу провисания проводов и держаться по возможности ближе к приглубленному берегу реки или канала, чтобы линия электропередач находилась на достаточной высоте над мачтами корабля. Провода переходов линий высокого напряжения должны иметь габаритную высоту, обеспечивающую для самых высоких кораблей и судов при наивысшем уровне воды запас от 2 до 6 м (в зависимости от напряжения), а провода телеграфных и телефонных линий — не менее 1 м. Знаки надводных переходов устанавливаются в 100 м (выше и ниже по течению) от места пересечения реки (канала) линиями воздушных электропередач. На знаке в темное время суток горят два желтых огня, расположенных горизонтально, которые видны в хорошую погоду не менее чем за 4 км.

При проходе корабля через шлюз командиру необходимо строго выполнять указания администрации шлюза. На расстоянии 1 км от

шлюза или на траверзе знака «Сигнал» подходящий корабль подаст один продолжительный звуковой сигнал.

Вход (ввод) корабля в камеру шлюза и выход из нее командир может осуществлять только при наличии разрешающих сигналов (рис. 2.5.1). Для регулирования движения через шлюзы применяются светофоры одностороннего действия зеленого и красного цвета: светофоры подхода к причалам — 8, светофоры входные — 9 и светофоры выходные — 10. Красный светофор размещается выше зеленого и запрещает движение, зеленый — разрешает. Светофоры устанавливаются с правой (по ходу движения) стороны. На расстоянии 300–600 м от верхних и нижних ворот шлюза стоят светофоры дальнего действия. С подходом к ним командир корабля подчиняется всем распоряжениям вахтенного начальника шлюза. Для швартовки кораблей и судов к причальным стенкам в ожидании разрешения на шлюзование имеются специальные стоповые огни: при двустороннем движении — 1 и 6, при одностороннем движении — 2 и 5. На шлюзах с причальными сооружениями, длина которых больше длины камеры, могут устанавливаться промежуточные светофоры.

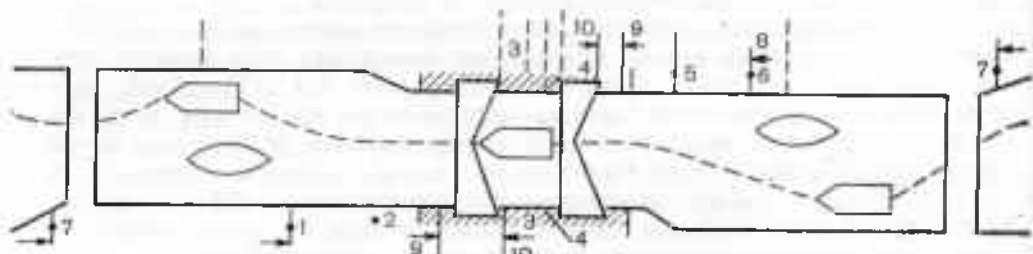


Рис. 2.5.1

При отсутствии подходов каналов и причальных сооружений дальних светофоров у шлюзов может и не быть. Их функции выполняют входные светофоры. Если на светофоре дальнего действия горит красный огонь, корабль следует ошвартовать у подходов палов, желательно с наветренной стороны. С появлением зеленого огня командир корабля должен сняться со швартовов и идти самым малым ходом к шлюзу. Необходимо следить за сигналами входного светофора, расположенного у входа в шлюзовую камеру. Если на нем зажег зеленый огонь или дано указание по радио о вводе корабля в камеру шлюза, корабль продолжает следовать самым малым ходом с соблюдением необходимых мер предосторожности.

На шлюзах, не имеющих светофоров, применяется семафорная сигнализация. Двустворчатые ворота таких шлюзов в закрытом положении освещаются двумя горизонтально расположенными красными огнями. В открытом положении правая (по ходу движения) створка ворот освещена красным огнем, левая — белым.

При отсутствии ветра корабль направляют самым малым ходом по середине входных ворот камеры шлюза. При наличии бокового ветра курс и скорость захода в камеру выбирают с расчетом вовремя погасить инерцию корабля и избежать его навала на ворота. Следует держаться ближе к наветренной стороне ворот. В момент, когда носовая часть корабля пройдет входные ворота шлюза, в зависимости от размеров камеры и маневренных элементов корабля, стопорят машины и гасят инерцию движения, чтобы остановиться в указанном для швар-

товки месте. При этом следует внимательно следить за столовыми огнями 3, 4 в камере шлюза.

Швартовать корабль в камере желательно к наветренной стенке. Об окончании швартовки силами личного состава корабля командир сообщает шлюзовому персоналу одним коротким звуковым сигналом. Для обозначения границ установки носа и кормы корабля в камере шлюза имеются ограничительные красные огни. В светлое время суток эта граница обозначается вертикальной красной полосой (рейкой), нанесенной на стенку камеры. Стоянка на швартовах в шлюзах, оборудованных специальными плавучими причальными приспособлениями (плаврымами), не вызывает трудностей, так как длина швартовов остается постоянной. В шлюзах заведенные с корабля на стенку швартовы подбирает или травит личный состав корабля по мере наполнения или опорожнения камеры водой.

После закрытия ворот и наполнения (опорожнения) камер шлюзов движение воды в них носит неустановившийся характер со значительными уклонами поверхности воды, течениями и водоворотами, сдвигающими корабль вдоль камеры или от одной стенки к другой. В зависимости от водоизмещения шлюзующихся кораблей и судов это вызывает большие нагрузки на швартовные капаты (у кораблей водоизмещением 3000 т они достигают 9 т). Поэтому корабли и суда при наполнении (опорожении) камеры шлюза для создания относительно равных усилий и предотвращения рывков швартовных канатов подрабатывают машинами самым малым ходом. Для предохранения корпуса корабля от ударов о стенку шлюза используются мягкие кранцы.

Отдача швартовов и выход (вывод) корабля из шлюза производятся после опорожнения (заполнения) камеры. Сигналом к окончанию шлюзования служат: команда вахтенного начальника шлюза, переданная по радио, зажженный огонь у головной части шлюза или открытие ворот. Заполнение камеры шлюза занимает $8 \div 12$ мин. В тихую погоду корабль с соблюдением мер предосторожности выходит из камеры шлюза на малом ходу. При сильном отжимном ветре корабль с помощью швартовов спускают к подветренной стенке камеры, затем отдают кормовой швартов, на носовом удерживая корабль носом на ветер под углом $20 \div 25^\circ$. С дачей хода вперед (курсом на выход из камеры) отдают и быстро выбирают на борт носовой швартов. При выходе из шлюза корабль следует ходом, установленным для плавания в каналах.

Плавая по внутренним судоходным путям, корабль при встрече с другими кораблями (судами) должен обмениваться звуковыми сигналами с расстояния не менее 1,5 км, а при обгоне, следуя сверху по течению — не ближе 500 м, снизу — 300 м. Для судов на подводных крыльях эти расстояния соответственно равны 2 и 1 км.

Корабли, суда и составы на реках с габаритами судового хода, обеспечивающими одновременно двустороннее движение судов, придерживаются правой (по ходу) стороны от оси фарватера. Осевые буи при этом оставляются только с левого борта.

Корабли, суда и составы могут пересекать судовый ход для подхода к причалам, рейдам и другим местам стоянки только при отсутствии на опасном для них расстоянии встречных и обгоняемых судов. Аналогично осуществляется и их выход на судовый ход от берега или от мест стоянок. При следовании мимо устьев притоков и мимо затонов суда и корабли, идущие по основному фарватеру реки, должны держаться ближе к противоположной кромке судового хода.

С учетом сложности управления предпочтение отдается кораблям и судам, следующим сверху (по течению). Корабль (судно), идущий снизу, должен установить борт расхождения и принять меры к безопасному пропуску судна, идущего сверху. Если расхождение затруднительно, идущий снизу корабль обязан маневрировать так, чтобы встреча и само расхождение с идущим сверху судном произошли в удобном и безопасном месте.

Для расхождения левыми бортами корабль, идущий снизу, приблизившись к встречному судну на расстояние не менее 1,5 км, подает один продолжительный звуковой сигнал и отмашку с левого борта. Судно, идущее сверху, обязано немедленно принять указанную сторону расхождения и отретировать сигнал и отмашку с левого борта. Отмашка — зрительный сигнал, подаваемый белым квадратным (70 × 70 см) флагом с коротким древком в светлое время суток, в темное время суток — мигание белого огня фонаря с того борта, которым корабли будут расходиться. Отмашка продолжается до тех пор, пока от встречного или обгоняющего судна не будет получен ответный сигнал, после чего отмашка прекращается. Суда, оснащенные световыми импульсными отмашками, используют их в светлое и темное время суток.

При невозможности расхождения левыми бортами (например, на участках реки с малыми радиусами кривизны и ограниченной шириной судового хода, а также с крупнотоннажными судами) корабль, идущий снизу, обязан заблаговременно уклониться в левую (по ходу движения) сторону, застопорить машины и пропустить судно, идущее сверху, с правого борта. Сигнал «Остановка» подается в светлое время суток горизонтальным движением белой отмашки, в темное время суток — горизонтальным положением белого огня. В этом случае корабль на расстоянии не менее 1,5 км до встречного судна подает два коротких звуковых сигнала и отмашку с правого борта. Судно, идущее сверху, обязано подать два коротких звуковых сигнала, отмашку с правого борта и принять меры к расхождению.

Если навстречу кораблю, идущему снизу, следуют одно за другим несколько судов или составов, сигналы на расхождение подаются каждому из них.

Суда, выходящие с второстепенных трасс, притоков и затонов, должны остановиться и пропустить корабли, идущие по реке. Эта остановка должна быть выполнена до выхода на основной судовой ход.

Малогобаритные суда длиной до 30 м, гребные и моторные лодки, спортивные яхты и моторные катера не должны мешать движению кораблей (судов) и обязаны заранее уходить с фарватера с приближением крупных судов.

При движении судов с равными скоростями хода в одном направлении расстояние между ними должно быть не менее 0,5 км, при движении плотов — не менее 2 км.

При одновременном подходе кораблей и судов к мостам, земснарядам, паромным переправам на канале, перекатам и другим участкам, где расхождение судов невозможно, корабль, идущий снизу, стопорит машины, останавливается и пропускает судно, идущее сверху. По мелководным участкам (перекатам), когда запасы воды под килем близки к установленным ППВСН, движение корабля осуществляется на малом ходу с обязательным и частым замером глубины.

Движение кораблей и судов на участке реки, где имеются светоотражающие навигационные знаки судоходной обстановки, разрешается только при наличии прожекторов с силой света, обеспечивающей удовлетворительную ориентировку по знакам.

Проходя участки перекаатов, колен и узкостей, где встречных судов заблаговременно видеть нельзя, корабль должен подавать следующие сигналы: с приближением к такому участку — один продолжительный звуковой сигнал; войдя на участок — два продолжительных звуковых сигнала. На участке большой протяженности эти сигналы должны повторяться через каждые $2 \div 3$ мин. Судно, идущее сверху или снизу, услышав такие сигналы, обязано остановиться и пропустить встречный корабль.

Суда, буксирующие плоты по рекам вниз по течению, первыми за 1,5 км подают звуковые сигналы и указывают встречному кораблю сторону безопасного расхождения. При буксировке плотов вниз по реке капитану буксира предоставлено право выбора курса и стороны расхождения, так как командиру корабля, идущего навстречу, трудно определить возможность безопасного расхождения.

ППВСП запрещает плавание кораблей и судов, не имеющих радиолокационных станций, в тумане и других условиях, когда из-за отсутствия видимости ориентировка невозможна. Скорость хода в тумане и при других атмосферных явлениях, ухудшающих видимость, должна быть такой, чтобы корабль смог остановиться на расстоянии, равном половине величины визуальной видимости. Во время тумана самоходные суда на ходу подают три продолжительных звуковых сигнала через каждые 2 мин, во время стоянки на якоре — два продолжительных звуковых сигнала через каждые 3 мин, несамоходные суда при стоянке на якоре подают сигналы частыми ударами в колокол с промежутками в 2—3 мин, на паромных переправах и наплавных мостах подают сигналы частыми ударами в колокол с перерывами в 2—3 мин.

Правилами плавания категорически запрещается:

— расхождение и обгон судов при одновременном нахождении на траверзе трех судов;

— движение в кильватерной колонне судов на подводных крыльях;

— движение судов на подводных крыльях в темное время суток в положении «на крыльях».

Расхождение в каналах осуществляется левыми бортами на ограниченной скорости хода. Так, для кораблей и судов водоизмещением 2000 т и более она не должна превышать 4—6 уз, а для остальных кораблей и судов — не более 8 уз.

Расхождение на водохранилищах и озерах на судоходных трассах и фарватерах с двусторонним движением осуществляется левыми бортами. На участках с осевой обстановкой осевые буй оставляют только со стороны своего левого борта.

Скорость движения кораблей и судов должна быть снижена до малого хода (исключающего потерю управляемости) при проходе мимо судов, стоящих у причалов, работающих земснарядов и водолазных ботов.

Командир корабля, обнаружив обгоняемое судно (при наличии у себя радиотелефона), имеет возможность установить с этим судном парную радиосвязь и уточнить место и сторону обгона. Корабль, приблизившись к обгоняемому судну на расстояние не ближе 500 м при следовании сверху и на расстояние 300 м до кормы обгоняемого судна при следовании снизу, должен запросить у последнего сторону обгона двумя короткими и одним продолжительным звуковым сигналом. Получив запрос на обгон, обгоняемое судно репетует сигнал и подает отмашку с того борта, с которого намерено разрешить обгон, уменьшает ход, уклоняется в сторону, противоположную поданной отмашке, и пропускает обгоняющий корабль. Корабль, получив разрешение на обгон,

подает отмашку с указанного обгоняемым судном борта и начинает маневр обгона. Если пропуск невозможен, обгоняемое судно подает сигнал «Предупреждение» (пять коротких звуковых сигналов), запрещающий обгон. В этом случае командир обгоняющего корабля должен уменьшить ход и следовать параллельным курсом на расстоянии не менее 500 м до обгоняемого судна до тех пор, пока не будет разрешен обгон. На прямолинейных участках лучше пропускать обгоняющее судно с того борта, который обращен к линии его курса, а если суда следуют в кильватер, то с правого борта обгоняющего. На криволинейных участках пути обгоняющий корабль следует пропустить со стороны выпуклого берега при ходе против течения и со стороны вогнутого берега при ходе по течению. Траверзное расстояние между расходящимися судами должно быть по возможности наибольшим, а скорость умеренной, так как на реках имеет место явление «присасывания».

Обгон кораблей и судов на канале значительно сложнее, чем на свободной реке, где кроме гидродинамических сил, возникающих при сближении судов, на них действуют гидродинамические силы, появляющиеся в результате приближения судов к откосу канала во время уклонения судов от его оси. Поэтому обгон в каналах производится в исключительных случаях и только на малых ходах. Судно, идущее по оси канала, при обгоне его другим должно слегка уклониться в сторону берега. Надо избегать встреч кораблей и судов при следовании на криволинейных участках канала. Обгон наиболее целесообразно производить на удобных участках водохранилища.

Наличие на судовом ходу дноуглубительного или дноочистительного снаряда усложняет маневр расхождения с ними кораблей и судов. В темное время суток все дноуглубительные снаряды в процессе работы несут на мачте один зеленый огонь, видимый по всему горизонту. Днем земснаряды поднимают два зеленых флага. Кроме того, на рефулерных снарядах со стороны судового хода зажигаются два красных огня на носу и на корме, если земснаряд откладывает грунт на правый берег, и белый, если земснаряд откладывает грунт на левый берег. На рефулерах зажигаются соответственно красные и белые огни через каждые 50 м по длине трубопровода на высоте 1 м. На лотковых снарядах кроме зеленого огня на мачте и двух огней на высоте тента зажигается красный огонь на выступающем за борт лотке при свалке грунта в сторону правого берега и белый, если свалка грунта производится в сторону левого берега.

Корабль, подходя сверху (по течению) к работающему на судовом ходу земснаряду на расстояние не менее 1 км, при следовании снизу (против течения) — на расстояние не менее 0,5 км, подает один продолжительный звуковой сигнал. Если земснаряд может пропустить корабль, то с него подают один продолжительный звуковой сигнал и отмашку с того борта, мимо которого должен пройти корабль. В светлое время суток отмашку подают флагом, а в темное время суток — миганием двух горизонтально расположенных огней на высоте тента земснаряда. Если земснаряд пошел в сторону правого берега, мигание производится красными огнями, если в сторону левого — белыми огнями. С дноочистительного снаряда отмашка подается белым огнем. На поданную с земснаряда отмашку корабль отвечает отмашкой со стороны борта, обращенного к земснаряду, без подачи звукового сигнала и проходит мимо со стороны, показанной огнями. Если проход мимо работающего земснаряда или дноочистительного снаряда не свободен, эти снаряды заблаговременно предупреждают об этом идущий

корабль, когда он находится от них на расстоянии не менее 1 км: земснаряд — подачей сигнала «Предупреждение» (не менее пяти коротких звуковых сигналов), дноочистительный снаряд — частыми ударами в колокол. По этим сигналам корабль обязан застопорить машины и удерживаться на месте.

С получением разрешения командир корабля должен уменьшить ход и избрать курс на возможно большем расстоянии от земснаряда.

Следует помнить, что дноочистительные снаряды, корчеподъемницы, подъемные краны и водолазные боты в дневное время несут на мачте два квадратных зеленых флага каждый размером 1 × 1 м, расположенных один под другим на расстоянии 1 м.

Корабли и суда при расхождении с водолазными ботами, плавкранами и дноочистительными снарядами должны уменьшить скорость хода до пределов, исключающих потерю управляемости, и избрать курс на возможно большем расстоянии от них.

Глава 3

БУКСИРОВКА КОРАБЛЯ

§ 3.1. ОРГАНИЗАЦИЯ БУКСИРОВКИ

Буксировка корабля является важным элементом мероприятия по оказанию помощи кораблю, лишенному возможности двигаться самостоятельно. Кроме аварийных случаев необходимость буксировки может возникнуть:

— при обеспечении боевой подготовки и повседневной деятельности кораблей (буксировка судов-мишеней и щитов, перевод кораблей от одного причала к другому, ввод в док и вывод из дока, швартовка к причалу, ввод в гавань и вывод из гавани);

— в целях сбережения моторесурса кораблей при их перебазировании;

— при плавании во льдах за ледоколом;

— при приеме и передаче грузов на ходу в море кильватерным способом.

В силу этого все корабли оборудуются штатными приспособлениями, позволяющими производить буксировку.

К выполнению буксировочных работ привлекаются, как правило, специально оборудованные суда.

Для буксировки аварийного корабля при отсутствии специального буксирного судна могут привлекаться боевые корабли; в этом случае взаимная буксировка обычно производится кораблем того же проекта, что и аварийный корабль. При взаимной буксировке кораблей различных проектов необходимо, чтобы больший по водоизмещению корабль буксировал меньший.

Буксировка бывает следующих видов:

— плановая буксировка, проводимая в соответствии с заданием командования по плану боевой подготовки флота (флотилии, вmb) на основании заявки, поданной в довольствующие органы тыла;

— аварийная буксировка (внеплановая), проводимая по приказанию командования при оказании помощи терпящему бедствие кораблю (судну).

По району плавания буксировки подразделяются на морские и рейдовые.

К морским буксировкам относятся:

— дальние морские, осуществляемые за пределами операционной зоны флота (между портами, расположенными на разных морях и океанах);

— межбазовые — между военно-морскими базами в пределах операционной зоны флота;

— внутрибазовые — в пределах операционной зоны военно-морской базы.

Рейдовые буксировки осуществляются в пределах внешнего или внутреннего рейда (гавани).

Способы буксировки выбираются в зависимости от возможностей буксирующего корабля (судна), состояния буксируемого объекта, продолжительности буксировки, навигационной и гидрометеорологической обстановки. Способы буксировки различаются в зависимости от методов соединения буксирующего и буксируемого кораблей.

Буксировка в кильватер — основной способ буксировки в море. При этом способе буксируемый объект, имея заведенной буксируемой связью, движется в кильватер буксировщику. Этим способом корабли (суда) могут буксироваться носом вперед или кормой вперед на длинном или коротком буксирном канате.

Буксировка в море обычно проводится в кильватер носом вперед. При такой буксировке корабль, следующий на буксире, испытывает наименьшее сопротивление воды, лучше всходит на волну и даже при неисправном рулевом устройстве достаточно хорошо удерживается в кильватере.

Буксировка в кильватер кормой вперед применяется при буксировке корабля с поврежденной носовой оконечностью, затопленными носовыми отсеками, когда имеется значительный дифферент на нос.

Буксировка на длинном канате (не менее 300 м) применяется в открытом море. При такой длине буксирного каната обеспечивается хорошая амортизация рывков на волне и тем самым уменьшается вероятность обрыва. Кроме того, при длине буксирного каната более 300 м уменьшается сопротивление воды движению буксируемого корабля, так как на него не оказывает действия поток воды, отбрасываемый винтами буксирующего корабля.

Буксировка на коротком канате (менее 50 м) применяется при рейдовых, речных буксировках и при буксировке ледоколом во льдах.

Буксировка лагом (борт о борт) применяется на рейдах в стесненных условиях. Этот способ рекомендуется и при морских буксировках, когда буксируемому кораблю необходимо в процессе буксировки оказывать помощь аварийно-спасательными средствами буксировщика (снабжение электроэнергией, аварийными материалами, водоотливными средствами) или требуется поддержать его на плаву во избежание опрокидывания. При этом аварийный корабль может буксироваться носом или кормой вперед в зависимости от его состояния.

Буксировка лагом в открытом море возможна только при отсутствии волнения.

Буксировка толканием применяется на реках и внутренних рейдах при отсутствии волнения. Для такой буксировки суда-буксировщики дополнительно оборудуются специальными устройствами.

Основными документами, регламентирующими организацию и порядок выполнения буксировочных работ кораблями и судами ВМФ, являются: Руководство по буксировке кораблей, вспомогательных судов, плавсредств и сооружений ВМФ (РБК-72); Руководство по оказанию помощи аварийным кораблям (РОПАК-84). На каждом корабле обязанности экипажа по буксировке определяются специальным расписанием. Необходимые данные по буксировочным возможностям кораблей применительно к их штатным буксирным средствам изложены в Тактическом формуляре и в Руководстве по боевому использованию технических средств электромеханической боевой части (РБИТС), а судов — в Техническом паспорте.

Буксировка является одним из наиболее сложных видов работ, выполняемых в море. На время проведения работ по буксировке должен

быть определен старший начальник, которому подчиняются все командиры кораблей и капитаны судов, участвующих в буксировке.

Ответственность старшего по буксировке наступает с момента подачи буксирного каната на гак хотя бы одного буксировщика или с момента крепления первого буксирного каната на буксируемый объект.

Прекращение ответственности старшего по буксировке определяется моментом доставки буксируемого корабля (судна) в пункт назначения и отдачи буксируемым кораблем (судном) буксирного каната после швартовки к причалу (постановки на якорь, бочку) или после передачи буксируемого корабля (судна) для буксировки другому лицу.

Если в процессе буксировки корабля (суда) вынуждены зайти в гавань, стать на якорь на рейде, то даже при временно отданном буксире ответственность за состояние буксируемого корабля со старшего по буксировке не снимается. Ответственность за плановую морскую буксировку возлагается:

— при буксировке кораблей водоизмещением до 2000 т — на командира буксировщика;

— при буксировке кораблей водоизмещением от 2000 до 5000 т, имеющих свой ход и управление, — на командира буксируемого корабля, а при буксировке корабля, не имеющего своего хода и управления, — на командира буксировщика или лицо, назначенное старшим по буксировке;

— при буксировке кораблей водоизмещением свыше 5000 т — на назначенного штабом флота старшего по буксировке.

Если проводится аварийная буксировка корабля (судна), лишенного хода или управляемости, ответственность за буксировку возлагается во всех случаях на командира (капитана) буксировщика.

Ответственность за рейдовую буксировку корабля водоизмещением до 2000 т и судна до 5000 т возлагается на капитана буксировщика.

При рейдовой буксировке кораблей водоизмещением свыше 2000 т и судов свыше 5000 т ответственность за буксировку возлагается на командира буксируемого корабля (судна). В этом случае капитаны буксиров с момента принятия согласованного плана на буксировку и до ее окончания подчиняются командиру буксируемого корабля (судна).

Руководство буксировкой в пределах рейда и ответственность за ее выполнение при буксировке кораблей водоизмещением свыше 10 000 т возлагается на командира буксируемого корабля или на специально назначенного старшего по буксировке.

Успешность буксировки во многом зависит от строгой координации действий буксирующего корабля и буксируемого, а также от высокой дисциплины личного состава обоих кораблей.

Действия вахтенного офицера при подготовке к буксировке поврежденного корабля, во время подачи буксирного каната и в процессе буксировки должны быть направлены на поддержание высокой организации и четкости действий личного состава при выполнении команд, подаваемых с ГКП.

Во время буксировки вахтенному офицеру необходимо:

— осуществлять постоянный контроль за буксируемым кораблем и буксирным канатом;

— при изменении курса или скорости буксирующего корабля заблаговременно оповещать об этом буксируемый корабль;

— информировать буксируемый корабль об изменениях в обстановке (о полученных от командования приказах, принятых оповещениях об изменении погоды);

— следить за тем, чтобы между буксируемым и буксирующим кораблями поддерживалась постоянная радиосвязь в основном и дублирующих каналах;

— не допускать работу машин при нахождении буксируемого каната в районе гребных винтов;

— обо всех маневрах буксирующего корабля, приказах, поступающих от старшего по буксировке, а также обо всех приказах, отдаваемых командиром корабля, делать записи в вахтенном журнале;

— в случае обрыва буксирного каната немедленно докладывать командиру корабля.

§ 3.2. ПОДГОТОВКА К БУКСИРОВКЕ. ПОДАЧА БУКСИРНОГО КАНАТА. КРЕПЛЕНИЕ БУКСИРНОГО КАНАТА

Успешность буксировки в большей мере зависит от умения командира управлять маневрами корабля, а также от слаженности, четкости и быстроты работы личного состава и его морской выучки.

Отработка организации буксировки, изучение личным составом обязанностей при буксировке производятся в период выполнения мероприятий по боевой подготовке как в море, так и в базе. Организация буксировки отрабатывается в базе, в период отработки первой курсовой задачи, а личный состав осваивает обязанности согласно расписанию по буксировке. На выходах в море проводятся подготовительные учения и тренировки по буксировке под руководством командира корабля. На этих учениях отрабатываются маневрирование корабля для подхода к поврежденному кораблю, подача на него буксирного каната (буксирной браги), шлангов воздуха высокого давления (воздуха среднего давления), кабелей электропитания. Каждый корабль должен отрабатываться как буксировщик и как буксируемый. На зачетном учении под руководством командира соединения корабль выполняет буксировку другого корабля соединения. Все корабли приспособлены к использованию в качестве буксировщиков, поэтому каждый корабль должен быть всегда готов взять другой корабль (судно) на буксир. Для этого на корабле должны находиться в исправном состоянии и постоянной готовности к использованию штатный буксирный канат и буксирное устройство.

Командир, получив приказание взять на буксир поврежденный корабль, должен провести на своем корабле мероприятия, направленные на его окончательное приготовление к буксировке.

В зависимости от гидрометеорологических условий и состояния поврежденного корабля командир принимает решение о способе буксировки.

Исходя из выбранного способа буксировки готовятся швартовы для буксировки лагом или буксирный канат для кильватерного способа. При морской буксировке буксирные канаты обычно подаются с буксирующего корабля. Для подготовки буксирного каната его ходовой конец сматывают с вьюшки, проводят через кнехты, накладывают четыре-пять шлагами на швартовый барабан шпилья, выводят в кормовой клюз и вновь возвращают на палубу над леерным ограждением. За основание огона буксирного каната крепится проводник, который по своей разрывной крепости может обеспечить выборку буксирного каната. Длина проводника должна быть в 1,5 ÷ 2 раза больше, чем расстояние между кораблями в момент подачи буксирного каната. В качестве проводника желательно использовать канат из синтетических волокон, обладающий положительной плавучестью. При отсут-

вин такого каната можно использовать растительный канат (по окружности равный диаметру стального буксирного каната) или стальной канат (по диаметру в $8 \div 10$ раз тоньше буксирного каната).

Проводник укладывают на юте в бухту так, чтобы был свободный ходовой конец для крепления к нему бросательного конца или линия линеметного устройства.

Когда из-за конструктивных особенностей стравливание буксирного каната непосредственно с вьюшки затруднено, необходимо заблаговременно разнести его по палубе вдоль свободного борта в виде длинных шлагов. При стравливании буксирного каната в районе буксирного клюза устанавливаются цепные столоры, с помощью которых буксирный канат стопорится на время крепления его коренного конца к буксирному устройству. Для переноса коренного конца буксирного каната с вьюшки (кнехтов, шпиля) на глаголь-гак буксирного шкентеля или буксирного обуха готовится стальной канат, по разрывной крепости превышающий натяжение вытравленного буксирного каната. На ходовом конце каната заделывается огон, который соединяется с огнем коренного конца буксирного каната с помощью такелажной скобы.

С прибытием в район нахождения поврежденного корабля буксирующий корабль должен занять положение относительно буксируемого с таким расчетом, чтобы обеспечить быстроту и надежность подачи буксирного каната и его крепления.

Характер маневрирования корабля в целях занятия позиции для подачи буксирного каната зависит от гидрометеорологических условий и выбранного способа подачи буксира. Для подачи буксирного каната существует ряд способов.

Подача буксирного каната с выполнением маневра швартовки к буксируемому кораблю

Этот способ применяется при хорошей погоде. Ходовой конец буксирного каната выводят через кормовой клюз, обносят снаружи леерного ограждения вдоль борта, которым будет ошвартован корабль, проводят в носовой клюз на буксируемом корабле и закрепляют. Для того чтобы буксирный канат не провисал в воду, его крепят каболками к леерному ограждению. После окончания приготовления к буксировке буксирующий корабль отходит от буксируемого передним ходом, соблюдая осторожность. Чтобы не намотать буксирный канат на гребной винт, при отходе рекомендуется работать машиной борта, противоположного борту швартовки. Травить буксирный канат начинают только после того, как он будет иметь направление прямо по корме.

Подача буксирного каната с помощью корабельных плавсредств

Необходимость использования плавсредств для подачи буксирного каната может возникнуть в случае невозможности подхода к поврежденному кораблю на расстояние, обеспечивающее подачу бросательного конца (линия линемета) вследствие малых глубин. В этом случае буксирующий корабль становится на якорь в безопасном расстоянии от навигационных опасностей и спускает катер (шлюпку), который принимает с кормы корабля проведенный через кормовой клюз проводник. Проводник набирается в бухту на корме катера (шлюпки), после чего катер (шлюпка) начинает движение к поврежденному кораблю, постепенно потравливая проводник. С подходом к поврежденному кораблю проводник передают на него. Применение этого способа определяется погод-

ными условиями, позволяющими использовать плавсредства. Однако при нахождении поврежденного корабля на малых глубинах или на мели этот способ может быть единственным, обеспечивающим заведение буксирного каната.

Подача буксирного каната с выполнением маневра подхода к буксируемому кораблю на расстояние, обеспечивающее подачу бросательного конца (линя линемета)

Бросательный конец или лить может быть подан из положения буксирующего корабля на ходу или при стоянке на якоре. Если поврежденный корабль стоит на якоре, для подачи на него буксирного каната необходимо, выйдя на ветер, стать на якорь и, потравливая якорную цепь, подвести корму буксирующего корабля к носовой оконечности буксируемого на расстояние, обеспечивающее подачу бросательного конца или лinya. При потравливании якорной цепи надо иметь в виду, что при подходе кормой к носовой оконечности поврежденного корабля, стоящего на якоре, возникает опасность касания гребными винтами его якорной цепи.

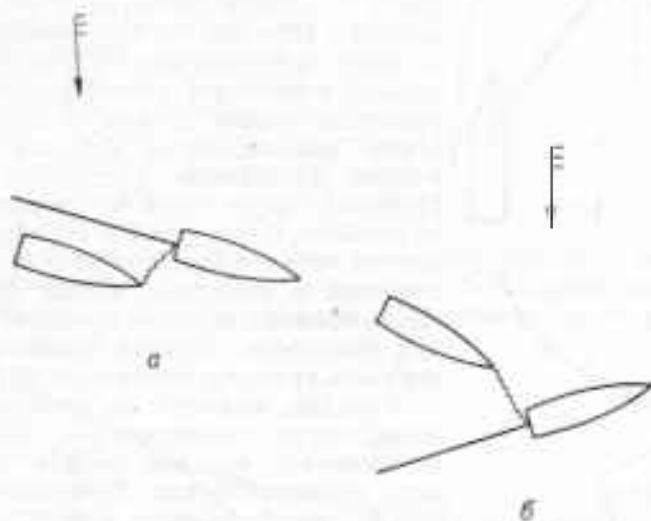


Рис. 3.2.1

В открытом море чаще всего приходится брать на буксир поврежденный корабль, лежащий в дрейфе, когда подход к его борту невозможен из-за сильного волнения. В этом случае для подачи буксирного каната корабль подходит на безопасное расстояние к поврежденному кораблю, допуская подачу бросательного конца или лinya из линеметной установки. Маневрирование корабля осуществляется с наветренной стороны параллельно борту поврежденного корабля с расчетом погасить инерцию в момент, когда корма буксировщика поравняется с оконечностью корпуса аварийного корабля, на которую будет подаваться буксирный канат (рис. 3.2.1 а).

Лини и бросательные концы следует подавать на открытые участки палубы, чтобы исключить набрасывание их на антенны, такелаж и надстройки. При стрельбе из линемета для предупреждения несчастных случаев личный состав на буксируемом корабле не должен находиться в районе, куда подается лить. В целях повышения точности подачи

и увеличения дальности полета бросательного конца и линия из линеметной установки желательнее их подачу осуществлять по ветру.

Если буксирующий корабль имеет дрейф, значительно больший, чем поврежденный, необходимо удерживать взаимное расположение кораблей таким образом, чтобы в процессе подачи буксира исключить опасность навала. В этом случае для удобства удержания безопасного расстояния рекомендуется подходить к оконечности поврежденного корабля, за которую будет производиться буксировка, с расчетом занять позицию, удобную для подачи проводника (рис. 3.2.1 б). В этом положении корабля создаются благоприятные условия для работы личного состава при подаче буксирного каната.

Подача буксирного каната с помощью плавучего проводника или вертолета

При сильном волнении, когда подход к поврежденному кораблю на дальность подачи бросательного конца рискован, а линемет отсутствует, буксирный канат можно подать с помощью плавучего проводника. Буксирующий корабль вытравливает с кормы проводник длиной 180÷200 м с прикрепленными к нему плавучестями (буйками, спасательными кругами) и маневрирует с таким расчетом, чтобы пройти с подветренного борта поврежденного корабля на минимально безопасном расстоянии от него. Пройдя с кормы вдоль борта поврежденного корабля, буксирующий корабль ложится против ветра и удерживается в таком положении с помощью машин (рис. 3.2.2). Поврежденный корабль дрейфует на плавучий проводник, который кошками или отпорными крюками поднимают на борт.

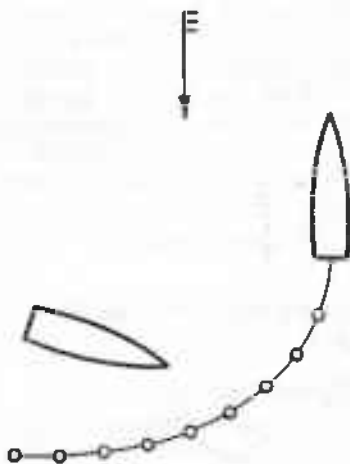


Рис. 3.2.2

Корабли, имеющие на вооружении вертолет, могут, сообразуясь с обстановкой, использовать его для подачи проводника или непосредственно буксирного каната.

При подаче буксирного каната с помощью вертолета необходимо использовать в качестве проводника канат из синтетического волокна, обладающий положительной плавучестью.

Крепление буксирного каната

Крепление буксирного каната на поврежденном корабле обычно производится за штатные буксирные устройства (буксирные шкентели, битенги или стационарные глаголь-гаки). На рис. 3.2.3 показан вариант штатного буксирного устройства в носовой части корабля.

Проведенный через носовой (кормовой) клюз буксирный канат своим огнем закладывается в глаголь-гак буксирного устройства и крепится. Такое крепление буксирного каната обеспечивает быструю отдачу. При невозможности по каким-либо причинам закрепить буксирный канат за штатное устройство применяют следующие способы крепления.

Клюзовое крепление буксирного каната обладает высокой надежностью, но требует применения дополнительного устройства в виде

стропа, имеющего на концах заделанные огоны с коушами. В качестве стропа используется стальной канат, равный по разрывной прочности буксирному канату. Строп проводится через оба клюза буксируемого корабля (рис. 3.2.4). С помощью соединительной скобы коуши стропа соединяются с огоном буксирного каната.

Для удобства отдачи буксирного каната к его огону присоединяется подъемный шкентель, коренной конец которого крепится за кнехты. Длина и разрывная крепость подъемного шкентеля при обтянутом буксирном канате должны обеспечивать выборку его огона на палубу для отдачи буксирного каната. При экстренной отдаче буксирного каната строп перерубается между клюзами, для чего на этом участке под него подкладывается деревянный брус.

Крепление буксирного каната за якорную цепь станového якоря применяется для увеличения веса буксирной связи и тем самым улучшения амортизации при рывках на волне. Крепление буксирного каната к якорной цепи позволяет в процессе буксировки путем потравливания (выборки) якорной цепи изменять длину буксирной связи. Огон буксирного каната соединяется со звеном расклепанной якорной цепи с помощью такелажной скобы, которая должна иметь разрывную прочность, в 1,5 раза большую, чем буксирный канат. Якорная цепь после соединения с буксирным канатом травится с помощью шпиля через носовой буксирный клюз до назначенной длины.

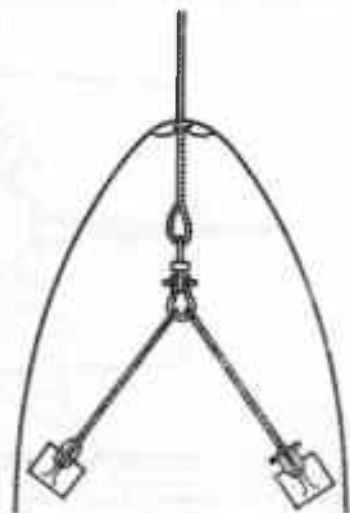


Рис. 3.2.3

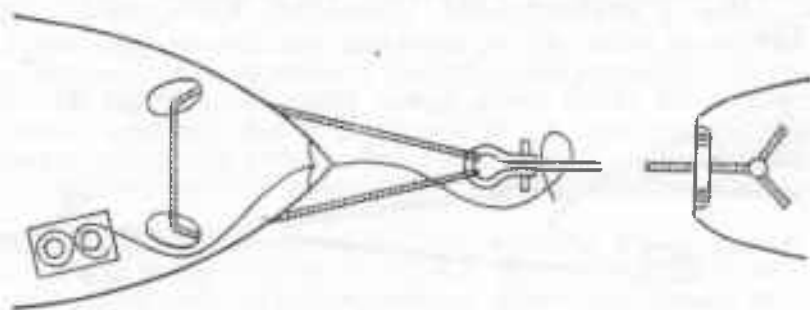


Рис. 3.2.4

Крепление буксирного каната за становой якорь производится с той же целью, что и крепление за якорную цепь, но в этом случае отпадает необходимость расклепывать якорную цепь, а вес якоря дополнительно утяжеляет буксирную связь. Буксирный канат крепится за скобу якоря с помощью такелажной скобы или непосредственно за лапы якоря. При втором варианте крепления огон буксирного каната надевается на лапы в обхват веретена якоря. Для обеспечения отдачи буксирного каната за основание огона крепится надежный шкентель стального каната диаметром $14 \div 22$ мм, а его ходовой конец выводится на палубу. Если в процессе буксировки возникает необходимость потравить якорную цепь на длину, превышающую длину подъемного шкентеля, его ходовой

конец закрепляется такелажной скобой к одному из звеньев цепи (рис. 3.2.5). Длина вытравленной якорной цепи назначается в зависимости от обстановки. Для уменьшения рыскливости буксируемого корабля необходимо, чтобы его диаметральной плоскостью совпала с направлением линии буксирной связи. Для этого используется дополнительный буксирный шкентель стального каната, равный по своей разрывной крепости буксирному канату.

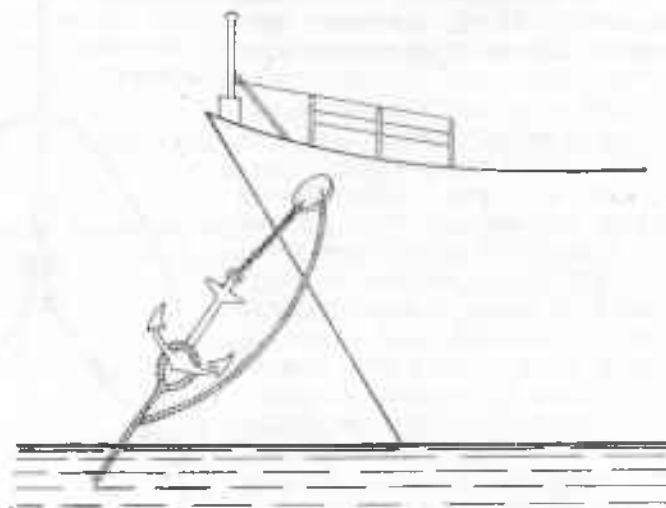


Рис. 3.2.5

Коренной конец дополнительного буксирного шкентеля крепится с помощью такелажной скобы к звену вытравленной якорной цепи, а его ходовой конец через неиспользуемый для буксировки клюз второго якоря подается на шпиль и обтягивается до совпадения линии буксирной связи с диаметральной плоскостью буксируемого корабля (рис. 3.2.6).

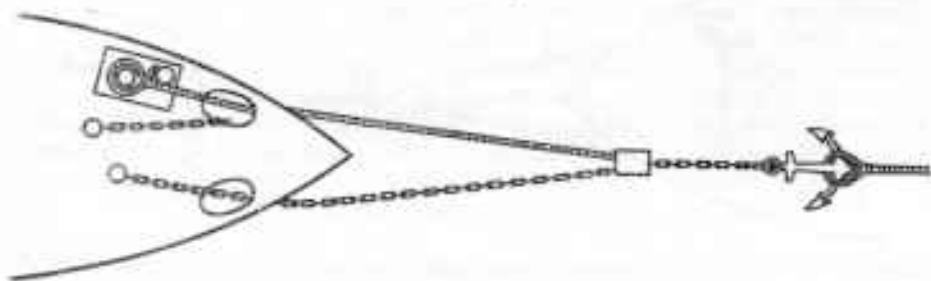


Рис. 3.2.6

Крепление буксирного каната за шкентели, заведенные за основания палубных устройств или средств вооружения, применяется в крайних случаях, когда вышеперечисленными способами крепления воспользоваться не представляется возможным. При выборе оснований палубных устройств, за которые будет заводиться шкентель, предпочтение отдавать наиболее прочным конструкциям (основания артиллерийских установок, торпедных аппаратов), имеющим округлую конфигурацию. При наличии на основаниях острых углов, ребер жесткости во время буксировки канат может потерять прочность из-за перетирания. Чтобы

предотвратить перетираание каната, острые углы и ребра жесткости необходимо заделывать деревянными брусками и матами.

Надстройки и палубные устройства, расположенные на линии от места крепления шкентеля до выхода буксирного каната за борт, обносятся путем разноса каната по бортам и полушлаговой закладки на швартовные кнехты. Вариант крепления буксирной браги за основание палубного устройства показан на рис. 3.2.7.

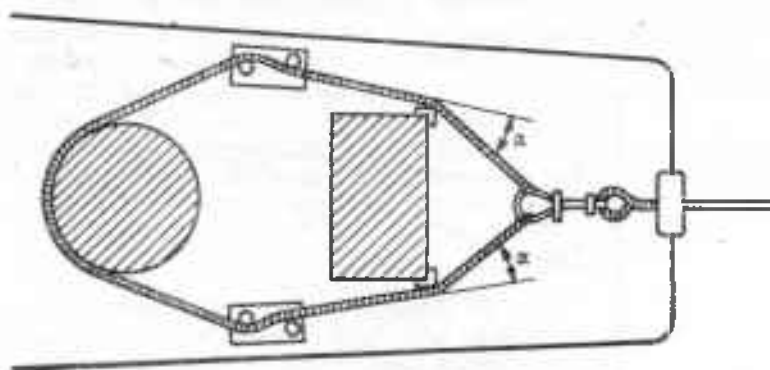


Рис. 3.2.7

Во избежание повреждения швартовных кнехтов из-за динамических нагрузок, возникающих при буксировке в штормовых условиях, необходимо, чтобы углы перегиба шкентеля (α) были минимальными.

Заведенный указанным способом буксирный шкентель крепится своими огонами с помощью такелажной скобы к глаголь-гаку, за который заводится огон буксирного каната.

§ 3.3. РАСЧЕТ ДЛИНЫ БУКСИРНОГО КАНАТА И СКОРОСТИ БУКСИРОВКИ

Буксировку разрешается начинать только после крепления буксирного каната на буксируемом и буксирующем кораблях и установления надежной двусторонней связи между ними. После получения доклада с буксируемого корабля о его готовности к буксировке производится обтяжка буксирного каната. Это делается для страгивания буксируемого корабля с места и придания ему первоначальной скорости движения.

Страгивание буксируемого корабля является ответственным моментом, так как в этот момент буксирный канат испытывает наибольшую нагрузку. Для предотвращения обрыва буксирного каната его обтяжку необходимо производить на минимальной инерции переднего хода, без рывков. После того как буксируемый корабль начнет движение, изменением оборотов машин (по 10 оборотов) скорость буксирующего корабля увеличивают до назначенной. При выборе скорости буксировки необходимо учитывать:

- технические возможности энергетической установки буксирующего корабля;
- состояние буксируемого корабля (наличие повреждений подводной части корпуса, возможность свободного вращения гребных винтов);
- разрывную прочность буксирного каната.

Во время буксировки изменяются условия работы гребных винтов буксирующего корабля. Это объясняется тем, что создаваемый при вращении гребных винтов упор должен преодолевать не только

сопротивление воды движению буксирующего корабля, но и сопротивление буксируемого корабля. Дополнительное сопротивление при буксировке снижает частоту вращения гребного винта, а дальнейшее повышение мощности двигателя для поддержания постоянства частоты вращения приводит к росту крутящего момента на гребном валу и увеличению давления на главный упорный подшипник.

В зависимости от крутящего момента на гребном валу и давления на главном упорном подшипнике буксирующий корабль имеет ограничения по скорости хода.

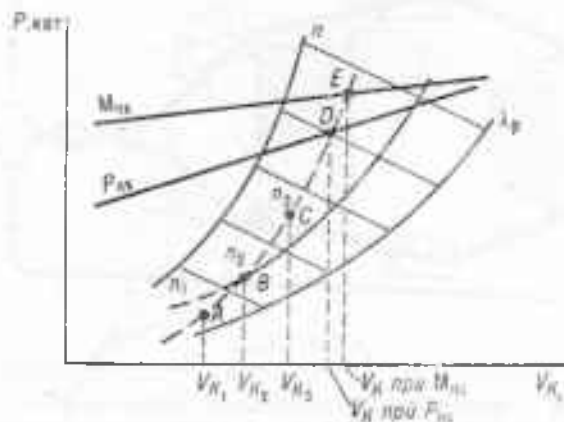


Рис. 3.3.1

Определение технически допустимой скорости буксировки и частоты вращения гребных винтов рекомендуется производить с помощью паспортной диаграммы мощности корабля. Эта диаграмма (рис. 3.3.1) представляет собой графики зависимости потребной мощности от скорости корабля $P=f(V_K)$ при постоянной частоте вращения гребного винта и постоянных значениях его относительной поступи, которая представляет собой отношение поступи гребного винта к его диаметру. Кроме того, на паспортной диаграмме нанесены ограничительные характеристики валопровода и главного упорного подшипника, которые представлены линиями предельно допустимых мощностей по крутящему моменту $M_{\text{пх}}$ и по давлению на упорных подшипниках $P_{\text{пх}}$. Предельно допустимая частота вращения гребных винтов и достигаемая при этом скорость хода на буксировочном режиме определяются опытным путем в процессе развития хода. Для этого производится трех-четырёхразовый одновременный замер частоты вращения гребного вала (по механическому тахометру) и фактической скорости по лагу.

Например, при фактической скорости буксировки, равной 3, 5 и 7 уз, с тахометра снимаем фактическую частоту вращения валов и на основании этих данных наносим точки на паспортную диаграмму. Полученные точки A, B и C соединяем кривой, а недостающие ее участки до пересечения с линиями $M_{\text{пх}}$ и $P_{\text{пх}}$ строим в виде параболической кривой. Пересечение кривой с линиями предельно допустимых мощностей в точках D и E определяет окончательное значение предельно допустимой (по крутящему моменту и давлению на упорных подшипниках) скорости корабля.

Из двух полученных значений скорости принимают меньшую, которая и будет по техническим возможностям предельной для механической установки буксирующего корабля. Эта скорость при буксировке

однотипного корабля может быть назначена только в благоприятных условиях, когда отсутствует волнение моря, а корпус буксируемого корабля не имеет повреждений и его гребные винты свободно вращаются от хода.

Как правило, в море фактором, лимитирующим скорость буксировки, является не техническая возможность механической установки буксируемого корабля, а разрывная прочность его штатного буксирного каната, которая определяется в зависимости от гидрометеорологических условий и особенно от волнения моря.

На кораблях ВМФ в качестве штатных буксирных канатов применяются гибкие стальные канаты и канаты из синтетических волокон. Буксирные устройства на корабле рассчитываются на буксировку однотипного или равного ему по водоизмещению корабля.

Необходимым условием, обеспечивающим надежность буксировки, является равенство натяжения буксирного каната и отношения разрывного усилия буксирного каната к его запасу прочности

$$R_0 = \frac{R_p}{\gamma},$$

где R_0 — натяжение буксирного каната, Н (тс);

R_p — разрывное усилие буксирного каната, Н (тс);

γ — запас прочности буксирного каната.

Запас прочности буксирного каната определяется в зависимости от гидрометеорологических факторов, сопротивления буксируемого корабля, длины буксира и принимается равным $\gamma=6$ при морской буксировке и $\gamma=8$ при океанской буксировке.

Допустимая скорость буксировки однотипного корабля и кораблей некоторых других проектов в зависимости от прочности штатного буксирного каната и буксирных устройств обоих кораблей приведена в Руководстве по боевому использованию технических средств электро-механической боевой части для каждого проекта корабля, а также может быть определена в узлах по формулам:

— при буксировке корабля с вращающимися винтами

$$V = \frac{R_0 K_B}{F};$$

— при буксировке корабля с застопоренными винтами

$$V = \frac{R_0 K_B}{1,45F},$$

где R_0 — натяжение буксирного каната, Н (тс);

F — площадь подводной части миделя буксируемого корабля, м², выбираемая из корабельной документации;

K_B — эмпирический коэффициент, выбираемый из табл. 3.3.1.

Таблица 3.3.1

Тип корабля	K_B
Крейсер	356÷397
Эсминец	205÷247
Транспорт	438÷513
Лайнер	274÷390
Буксир	205÷342

В общем случае буксировка корабля с помощью штатного буксирного устройства должна осуществляться только в кильватер за кораблем-буксировщиком, носом или кормой вперед. Допустимые скорости и рекомендуемые способы буксировки корабля при некоторых случаях его повреждений, а также допустимые скорости буксировки кораблем данного проекта основных боевых кораблей при их различном состоянии приведены в таблицах РБИТС каждого проекта корабля.

Фактором, ограничивающим допустимую скорость буксировки, является:

- при буксировке корабля, имеющего меньшее водоизмещение, — прочность буксирного устройства буксируемого корабля;
- при буксировке корабля, имеющего большее водоизмещение, — ограничительные характеристики движительного комплекса буксировщика (в этом случае необходимо, пользуясь паспортной диаграммой, определить еще и предельную частоту вращения гребных винтов и соответствующую им скорость корабля-буксировщика).

Не менее половины длины вытравленного стального буксирного каната должно постоянно находиться в воде. Если на волнении буксирный канат выходит из воды и надраивается, следует уменьшить скорость буксировки. В случаях, когда скорость буксировки уменьшать нежелательно, необходимо увеличить длину буксирного каната. Выбирая длину буксирного каната, рекомендуется в общем случае руководствоваться следующим:

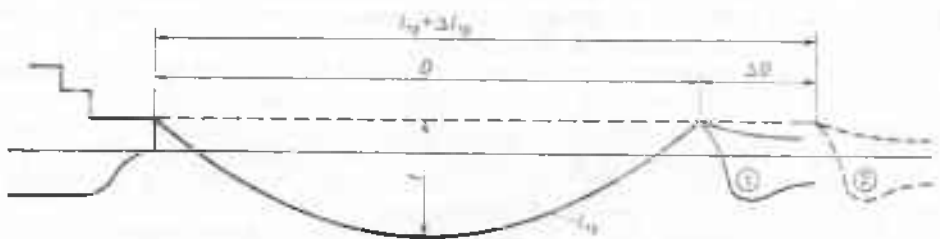


Рис. 3.32

- минимальная длина буксирного каната при отсутствии волнения должна быть такой, чтобы отбрасываемый гребным винтом поток воды не создавал дополнительного сопротивления для буксируемого корабля;

- буксируя в открытом море, где скорость хода является главным фактором, длину буксирного каната выбирать из расчета обеспечения его прочности при даче технически возможного хода;

- при буксировке в узкостях, на рейдах, где определяющим фактором становится не скорость, а маневренность, длина буксирного каната должна быть настолько короткой, чтобы обеспечивалось удобство маневра.

Во время буксировки на волнении расстояние между буксирующим и буксируемым кораблями под действием волн периодически увеличивается; а в результате изменяется натяжение буксирного каната и начинаются рывки, которые могут привести к его обрыву. Чтобы избежать этого, буксирный канат при морской буксировке должен допускать изменение расстояния между буксируемым и буксирующим кораблями на величину, равную амплитуде их продольного перемещения.

Изменение расстояния или «игра» буксирного каната происходит в результате:

- изменения разницы между длиной вытравленного буксирного каната и длиной прямой линии, соединяющей точки опоры каната на

обоих кораблях, вследствие изменения величины провиса каната (рис. 3.3.2), так называемой «весовой игры» каната, что характерно для стальных буксирных канатов;

— удлинения каната ($\Delta l_{тр}$) или «упругой игры», допустимые пределы которого характеризуются формулой

$$\Delta l_{тр} = \frac{MR_0}{100R_p},$$

где $l_{тр}$ — длина вытравленного буксирного каната, м;

R_0 — натяжение буксирного каната, Н (тс);

R_p — разрывное усилие буксирного каната, Н (тс);

k — коэффициент относительного удлинения, равный:

для стальных канатов — от 2 до 2,5 %;

для цепей с контрфорсами — 4 %;

для каната из синтетических волокон — от 20 до 45 %.

Для приближенного расчета необходимой длины стального буксирного каната (l) в метрах в зависимости от максимальной высоты волн в районе буксировки можно воспользоваться формулой

$$l = 85H_w,$$

где H_w — высота волны, м (выбираемая из табл. 3.3.2).

Расчетная длина буксирного каната в зависимости от фактической обстановки может быть определена по формуле

$$l = \frac{H_w R_0}{K_n},$$

где H_w — высота волны, м (выбираемая из табл. 3.3.2);

R_0 — натяжение буксирного каната, Н (тс);

K_n — коэффициент «игры» буксирного каната, выбираемый из табл. 3.3.3.

Таблица 3.3.2

Шкала степени волнения

Высота волн, м		Балл степени волнения	Словесная характеристика волнения
от	до		
—	—	0	Волнение отсутствует
0	0,25	I	Слабое
0,25	0,75	II	Умеренное
0,75	1,25	III	Значительное
1,25	2,0	IV	
2,0	3,5	V	Сильное
3,5	6,0	VI	
6,0	8,5	VII	Очень сильное
8,5	11,0	VIII	
11 и более		IX	Исключительное

Примечание. Градации «от» и «до» следует понимать: «от» — включительно «до» — исключительно.

Таблица 3.3.3

R_6	25 000	20 000	15 000	10 000	5 000	2 500
K_n	0,3	0,24	0,18	0,12	0,06	0,032

Если буксируется однотипный корабль, то расстояние между штевнями кораблей (рис. 3.3.2) должно быть равным или кратным длине волны. В этом случае корабли будут одновременно всходить на волну и сходиться с нее. Такое взаимное расположение кораблей уменьшает рывки.

Если буксируемый корабль (судно) по размерам значительно больше буксировщика, для уменьшения нагрузки на буксирный канат необходимо иметь величину его провиса такой, чтобы не менее 50 % длины буксирного каната постоянно находилось в воде.

Это объясняется тем, что натяжение буксирного каната зависит от величины провиса (чем больше величина провиса, тем меньше натяжение буксирного каната). Для нормальной работы буксирного каната необходимо, чтобы провисание было достаточным для исключения рывков при изменении (вследствие волнения моря) расстояния между буксировщиком и буксируемым кораблем.

Чтобы сохранить скорость буксировки на волнении при укороченном буксирном канате, надо создать такое его провисание, при котором за счет «весовой игры» каната гасилось бы изменение расстояния между буксирующим кораблем и буксируемым. Для этой цели необходимо утяжелить буксирную линию, для чего в середине буксирного каната подвешивают груз (смычки якорной цепи). В штормовую погоду для лучшей амортизации рывков увеличивают провис буксирного каната, применяя комбинированную буксирную связь, состоящую из стального каната и якорной цепи, соединенных такелажными скобами. Канат может крепиться за якорь (рис. 3.2.5). Своей тяжестью якорная цепь и якорь увеличивают провис буксирного каната и тем самым амортизируют рывки на волне.

Проводя буксировку на длинном стальном буксирном канате, имеющем значительную величину провисания, командиру необходимо помнить, что с переходом в район с малыми глубинами буксирный канат вследствие провисания может касаться грунта. При трении о грунт буксирного каната последний может разорваться. В целях предотвращения обрыва буксирного каната в районах с малыми глубинами надо уменьшить его провисание, сократив длину.

Величина провисания стального буксирного каната (f) в метрах вычисляется по формуле

$$f = \frac{Pl}{8R_6},$$

где P — вес буксирного каната между штевнями кораблей, Н (т);

l — длина буксирного каната между штевнями кораблей, м;

R_6 — натяжение буксирного каната, Н (тс).

При буксировке на канате из синтетического волокна, масса которого в воде близка к нулю, «весовая игра» практически отсутствует. Этот недостаток с избытком компенсируется большой эластичностью каната.

Как показывает опыт ряда буксировок, длина штатного буксирного каната из синтетического волокна при буксировке однотипного корабля, равная 250—300 м, является достаточной при любых условиях погоды.

§ 3.4. ОСОБЕННОСТИ БУКСИРОВКИ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

Для оказания помощи аварийной подводной лодке и ее буксировки используются специальные суда аварийно-спасательного обеспечения, однако в отдельных случаях для этой цели могут привлекаться и боевые корабли ВМФ. При проведении буксировки подводной лодки необходимо иметь в виду, что на ней не имеется штатных буксирных канатов, поэтому буксирующий корабль использует свой буксирный канат, который заводится за буксирное устройство подводной лодки.

Из-за конструктивных особенностей буксирного устройства подводных лодок и ограниченной возможности выхода личного состава на ее носовую надстройку (особенно в штормовую погоду) выборка и крепление буксирного каната на аварийной подводной лодке крайне затруднены.

Вследствие малой прочности легкого корпуса подводных лодок основным способом их буксировки является буксировка в кильватер носом вперед. В гаванях и узкостях возможна буксировка борт о борт. Необходимость в проведении такой буксировки возникает в случаях, когда на аварийную подводную лодку нужно передать аварийно-спасательное имущество, огнегасительные жидкости, сжатый воздух и другие средства поддержания жизнедеятельности личного состава, а также при использовании стационарных противопожарных и водоотливных средств буксирующего корабля.

Буксирное устройство подводной лодки состоит из буксирного гака и носового буксирного клюза. Буксировка подводной лодки за буксирный гак производится только при рейдовых буксировках. В случае аварийной буксировки подводной лодки используется штатное аварийное буксирное устройство, обеспечивающее взятие ее на буксир без выхода личного состава на палубу надстройки и без высадки аварийно-спасательной группы. С помощью этого устройства подводная лодка может буксироваться в открытом море в кильватер буксировщику носом вперед.

Аварийное буксирное устройство подводной лодки состоит из стального каната, коренной конец которого закреплен за рым, приваренный к прочному корпусу. Ходовой конец стального каната выведен через носовой буксирный клюз и уложен вдоль носовой надстройки в специальный желоб, закрытый отрывными планками. Огон ходового конца стального каната выведен на ограждение рубки и с помощью соединительной обоймы закреплен за огон капронового каната, равнопрочного стальному. Капроновый конец длиной 80 м уложен в специальную сетку, а его ходовой конец с помощью соединительной обоймы крепится к капроновому проводнику длиной 110 ÷ 120 м, который уложен в отдельную сетку.

Для приема проводника аварийного буксирного устройства подводной лодки и взятия ее на буксир корабль должен занять позицию, обеспечивающую уверенный прием линия с аварийной подводной лодки. У потерявшей ход подводной лодки скорость установившегося дрейфа меньше, чем у надводного корабля, обладающего большой нарусностью, поэтому позиция, занимаемая им при приеме линия, для уменьшения вероятности навала должна располагаться с подветренной стороны от подводной лодки. Для этого корабль, дойдя параллельным курсом вдоль подветренного борта подводной лодки, стопорит ход с расчетом

оказаться своей кормой у ее носовой части на безопасном расстоянии.

Линь с помощью линемета подается из ограждения рубки подводной лодки на корабль. Выбрав линь и проводник, выбирают капроновый канат аварийного буксирного устройства подводной лодки. После выборки капронового каната к его соединительной обойме крепится буксирный канат корабля. Составленную таким образом буксирную линию, вытравливая буксирный канат с корабля, доводят до общей длины (150 ÷ 200 м) и берут на стопор.

Командир корабля буксировщика по согласованию с командиром аварийной подводной лодки дает самый малый ход вперед и ложится первоначально на курс, обеспечивающий необходимый отрыв крепления стального каната аварийного буксирного устройства от легкого корпуса подводной лодки.

Когда начинает обтягиваться буксирная линия, на буксирующем корабле стопорят машины и, двигаясь на небольшой инерции переднего хода, начинают срывать крепления стального каната на подводной лодке. После того как стальной канат аварийного буксирного устройства освободится от креплений, на буксирующем корабле начинают травить буксирный канат до необходимой длины. Дальнейшая буксировка подводной лодки осуществляется так же, как буксировка надводного корабля. Однако необходимо иметь в виду, что буксировочное сопротивление подводной лодки значительно больше, чем сопротивление надводного корабля, равного ей по водоизмещению.

Для уменьшения буксировочного сопротивления подводной лодки и лучшего удержания ее в кильватере буксирующего корабля необходимо, чтобы линии ее гребных валов были сняты со стопоров и гребные винты свободно вращались. Аварийную подводную лодку, имеющую большой дифферент на нос, необходимо буксировать кормой вперед, используя для крепления буксирного каната баллеры кормовых горизонтальных рулей или кормовое штоковое устройство.

§ 3.5. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БУКСИРОВКИ

Для предотвращения аварии корабля и несчастных случаев с личным составом во время буксировки необходимо соблюдать меры безопасности; при этом контроль и ответственность за их соблюдение возлагаются на старшего по буксировке, а на местах производства работ — на руководителя этих работ.

На кораблях, участвующих в буксировочной операции, запрещается:

- личному составу находиться с кранцами за фальшбортом или леерами ограждения, а также наматывать на руку концы от кранцев;
- производить работы за бортом, не связанные с буксировкой (за исключением работ, вызванных аварийной необходимостью);
- работать по заводке буксирного каната без спасательного жилета;
- подавать буксирный канат в неисправный клюз или неисправные палубные устройства;
- начинать буксировку, не получив подтверждения о том, что буксирный канат закреплен и буксируемый корабль готов к буксировке;
- личному составу находиться в районе, где проходит буксирный канат с момента начала буксировки;
- отдавать буксирный канат с буксируемого корабля до его швартовки или постановки на якорь;
- давать ход, когда отданные швартовы или буксирный канат находятся за бортом в районе гребных винтов;

- травить буксирный канат на ходу;
- обтягивать проводник или буксирный канат, поданный с помощью плавсредств, до тех пор, пока последние не отойдут на безопасное расстояние.

На протяжении всей буксировки для наблюдения за состоянием крепления буксирного каната выставляется вахтенный, который должен быть обеспечен постоянной прямой телефонной или громкоговорящей связью с ГКП.

В штормовую погоду в местах, где проводятся работы по заводке буксирного каната, устанавливаются штормовые леера, а личный состав обеспечивается страховочными концами. Перед началом работ по буксировке ответственный за их выполнение обязан провести подробный инструктаж личного состава и убедиться в знании им мер предосторожности.

Раздел II
МАНЕВРИРОВАНИЕ

Глава 4

ОБЩИЕ ОСНОВЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАНЕВРИРОВАНИЯ КОРАБЛЕЙ

§ 4.1. МАНЕВРИРОВАНИЕ — ВАЖНЕЙШИЙ ЭЛЕМЕНТ ТАКТИКИ МОРСКОГО БОЯ

Морской бой представляет собой согласованное по целям и времени сочетание огня (применение оружия) с маневром. Маневр создает необходимые в данных условиях обстановки предпосылки для успешного решения поставленной задачи и позволяет сосредоточить огневую мощь корабля (группы кораблей) на направлении главного удара. Успех маневра в значительной мере определяется его скрытностью, внезапностью и стремительностью выполнения, а также тем, насколько полно он учитывает сложившуюся обстановку и возможности противника.

«Маневр — старейшая категория военно-морского искусства. Долгое время содержание тактики морского боя ... практически сводилось к формуле «огонь и маневр». Благодаря маневру силы флота могли занимать такие позиции, из которых возможность оружия реализовывалась в ударе ..., значение этой категории для достижения превосходства на направлении главного удара, отвлечения сил противника на ложное направление, отражения атаки противоборствующей обороны постоянно возрастает»¹.

Маневрирование кораблей нельзя рассматривать в отрыве от тактики, так как оно подчинено тактике, обслуживает ее и составляет кинематическую основу тактики морского боя. В то же время, занимая по отношению к тактике подчиненное положение, маневрирование, являясь научной дисциплиной, оказывает на тактику активное влияние, определяя характер тактических приемов и способов действий кораблей в бою.

Наличие такого влияния подтверждается тем, что правильно рассчитанный и своевременно выполненный маневр создает условия, при которых достигается наиболее полное и успешное решение поставленных кораблю (группе кораблей) боевых задач. Искусство маневрирования, правильность расчета и оперативность выполнения маневра кораблей в морском бою должно не только обеспечивать своим кораблям наиболее благоприятные условия для достижения победы, но и одновременно ставить противника в положение, при котором он не может реализовать своих преимуществ.

Влияние маневрирования на тактику проявляется и в том, что способы маневрирования кораблей, так же как и тактические приемы ведения морского боя, определяются уровнем развития тактико-технических

¹ Чернавин В. Н. «О некоторых категориях военно-морского искусства в современных условиях», Морской сборник № 9, 1986 г.

свойств кораблей и их вооружения, характером боевых задач, решаемых кораблями в морском бою, и особенностями тактики действий противника. Следовательно, новые способы маневрирования обязательно вносят соответствующие изменения и в тактику кораблей в морском бою.

Органическая взаимосвязь маневрирования с тактикой характеризуется и тем, что предметом научной дисциплины маневрирования является маневрирование тактическое, т. е. целенаправленное изменение положения носителей оружия относительно противника при боевом с ним соприкосновении, обеспечивающее достижение победы.

Таким образом, развитие тактики морского боя немыслимо без развития способов маневрирования кораблей в бою, а развитие последних, в свою очередь, направляется потребностями тактики.

Теоретические основы тактического маневрирования были разработаны советскими учеными Чернышевым В. Ф., Арановым Н. М., Глазковым П. П., Загурьяновым А. К., Скворцовым М. И. и др.

Научно-техническая революция в военном деле, начало которой положило создание ракетно-ядерного оружия и его носителей, в корне изменила характер вооруженной борьбы в современных условиях, в том числе и характер боевых действий на море. Претерпели качественные изменения не только корабли и их вооружение, существенно изменилась в целом тактика морского боя, изменился характер и содержание всех видов боевого и специального обеспечения боевых действий сил флота. Эти изменения не могли не вызвать соответствующих изменений в формах и способах маневрирования кораблей. Наиболее характерным направлением развития теории маневрирования кораблей при ведении морского боя в современных условиях является широкое применение вероятностных и статистических методов оценки успешности решения поставленной задачи при различных вариантах маневрирования, получивших наиболее развернутое выражение в теории поиска и в теории наведения корабельных сил флота на силы противника. Многосторонность этих и некоторых других задач требует для их решения использования корабельных специализированных боевых информационно-управляющих систем или электронно-вычислительных машин, позволяющих резко повысить оперативность расчетов на маневрирование и объективность выбора оптимального варианта маневрирования, отвечающего условиям ведения морского боя.

Большинство традиционных задач маневрирования может быть решено и с использованием программируемых микрокалькуляторов (ПМК). Поэтому в книге наряду с графическими методами расчета маневра приведены аналитические методы и программы для расчета маневра с использованием ПМК типа «Электроника БЗ-34».

Решение задач маневрирования — не самоцель; оно позволяет одерживать победы в морском бою. Овладеть этим искусством можно только в том случае, если решением задач маневрирования заниматься систематически. По этому поводу можно утверждать, что в книге нельзя найти волшебного ключа, открывающего все двери; она может лишь научить решать многие задачи и дает возможность поупражняться, а систематические занятия помогают подготовить себя к решению задач маневрирования, которые могут возникать в реальных условиях плавания.

Приступая к расчетам на маневрирование, рекомендуется вначале мысленно представить исходное положение кораблей, характер изменения взаимного положения кораблей через определенный промежуток времени. Результат своего прогноза следует сравнить с точным расчетом. Повторение этого процесса приводит к тому, что через месяц

два процесса решения задач маневрирования станет несложным для любой начальной ситуации, в которой может оказаться свой корабль по отношению к противнику. Но после того как первый результат достигнут, необходимо связать возможные варианты маневрирования с требованиями тактики, т. е. отыскать нужный вариант, при котором не только достигаются наилучшие условия для реализации боевых возможностей своего корабля (группы кораблей), но и создаются трудности для реализации противником его преимуществ.

Исследования, выполненные Илларионовым В. П. совместно с Фадеевым Г. Г. и Галичским А. В., показали, что офицеры, занимающиеся тренировками по решению задач маневрирования систематически, выполняют расчеты маневра безошибочно в 55 %, а осуществляющие при этом контроль за правильностью расчета — в 85 % случаев; те, кто занимается решением задач маневрирования эпизодически, — выполняют безошибочно только 20 % расчетов маневра. Исследования также показали, что перерыв в подобных тренировках в течение одного месяца приводит к снижению числа правильно выполненных расчетов в два раза.

Неправильно выполненный расчет — это в итоге плохо выполненный маневр, это неудача или поражение в бою.

Если командир не будет упорно и систематически работать над совершенствованием своей подготовки, никакие занятия, проведенные даже опытными методистами, не смогут достичь цели.

Книга рассчитана на офицеров с различным опытом службы на кораблях и уровнем подготовки по маневрированию. В ней изложены наиболее легко усваиваемые графические методы решения задач, помогающие вырабатывать пространственное воображение, и вместе с тем приведены формулы для аналитических методов расчета, в том числе и с помощью программируемого микрокалькулятора типа «Электроника БЗ-34».

По всем основным способам маневрирования кораблей и соединений кораблей приведены примеры расчета.

Здесь не приводятся теоретические обоснования традиционных способов маневрирования, имеющиеся в учебниках. Исключение составляют лишь несколько способов маневрирования, теоретическое обоснование которых отсутствует в опубликованной литературе.

§ 4.2. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Знание закономерностей изменения взаимного положения кораблей позволяет:

- в конкретных условиях обстановки выявить характер этого изменения;
- правильно оценить обстановку на заданный момент времени;
- выбрать способ для быстрого и безопасного выполнения эволюции при совместном плавании кораблей;
- обосновать расчетами и затем осуществить маневр для применения своего оружия, уклонения от средств обнаружения (поражения) противника и т. д.

Из двух кораблей (групп кораблей) называют:

- объектом маневра тот корабль (группу кораблей)¹, относительно которого определяется (изменяется) положение другого корабля;

¹ В дальнейшем, рассматривая вопросы маневрирования (кроме маневрирования кораблей при совместном плавании), под словом корабль будем понимать и группу кораблей.

— маневрирующим кораблем тот корабль, положение которого определяется (изменяется) относительно объекта маневра.

Положение маневрирующего корабля относительно объекта маневра называется позицией. В полярной системе координат позиция определяется радиусом-вектором (направлением и расстоянием).

Координаты, определяющие позицию (место) маневрирующего корабля относительно объекта маневра — пеленг (P) и дистанция (D) или курсовой угол объекта маневра (q_K) и дистанция (D), называются элементами позиции маневрирующего корабля.

Для достижения наглядности при анализе характера изменения взаимного положения кораблей, а также для сокращения объема вычислений при графическом расчете маневра нередко используется метод относительного движения.

Относительным движением называется движение тела (точки) относительно подвижной системы координат.

Изменение положения самой подвижной системы координат относительно системы координат, условно принятой за неподвижную (например, относительно географической системы координат), называется переносным движением.

Движение тела относительно системы координат, условно принятой за неподвижную (например, относительно географической системы координат), называется абсолютным движением.

Применяя общую теорию относительного движения к маневрированию кораблей, принято:

а) подвижной системе координат придавать вектор скорости объекта маневра (\vec{V}_K)¹, в результате чего место самого объекта маневра относительно этой подвижной системы координат остается неизменным;

б) место объекта маневра (K_0) относительно начала (O) подвижной системы координат выбирать произвольно с учетом обстановки и решаемой задачи (при решении ряда задач оно принимается в начале подвижной системы координат);

в) позицию (траекторию движения) маневрирующего корабля определять относительно условно неподвижного объекта маневра;

г) движение объекта маневра относительно местности (географической системы координат) называть переносным движением;

д) движение маневрирующего корабля относительно местности (географической системы координат) называть абсолютным, а относительно объекта маневра — относительным движением.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ²

Элементы абсолютного движения:

- M — позиция;
- K_M — курс, градусы;
- V_M — скорость, уз;
- S_M — перемещение, кбт;
- q_M — курсовой угол, градусы.

¹ Индекс « K » — признак принадлежности к системе координат:

V_K — скорость носителя системы координат (объекта маневра);

K_K — курс носителя системы координат (объекта маневра).

² В дальнейшем в экспликациях формул будут расшифровываться только те символы, которые не вошли в данные условные обозначения.

Элементы относительного движения:

- M' — относительная позиция;
 K_r — относительный курс, градусы;
 V_r — относительная скорость, уз;
 S_r — относительное перемещение, кбт;
 q_r — курсовой угол, градусы.

Элементы переносного движения:

- K — позиция;
 K_K — курс, градусы;
 V_K — скорость, уз;
 S_K — перемещение, кбт;
 q_K — курсовой угол, градусы.

Элементы позиции:

- P — пеленг, градусы;
 D — дистанция, кбт.

Время:

- t — интервал времени, мин;
 T — момент по часам: ч, мин.

§ 4.3. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МАНЕВРИРОВАНИЯ

С учетом принятых обозначений теорема кинематики о сложном движении применительно к маневрированию кораблей может быть представлена в виде

$$\bar{V}_M = \bar{V}_K + \bar{V}_r \quad (4.3.1)$$

где \bar{V}_M — вектор скорости маневрирующего корабля равен геометрической сумме векторов скорости (\bar{V}_K) объекта маневра и относительной скорости (\bar{V}_r) маневрирующего корабля.

Векторы перемещения кораблей за некоторый промежуток времени связаны аналогичным соотношением:

$$\bar{S}_M = \bar{S}_K + \bar{S}_r$$

Откуда следует

$$\bar{S}_r = \bar{S}_M - \bar{S}_K \quad (4.3.2)$$

Итак, чтобы перейти к относительному движению, необходимо из движения абсолютного исключить движение переносное.

На рис. 4.3.1 представлены: объект маневра (начальная позиция K_0) и маневрирующий корабль (начальная позиция M_0), следующие курсами K_K , K_M и скоростями V_K , V_M соответственно. Положение (начальная позиция) маневрирующего корабля (M_0) относительно объекта маневра (K_0) определяется пеленгом P_0 и дистанцией D_0 .

В движении относительно географической системы координат за промежуток времени t_1 корабль переместится:

— объект маневра в позицию K_1 (пройдя расстояние $S_K = V_K t_1 = K_0 K_1$);

— маневрирующий корабль в позицию M_1 (пройдя расстояние $S_M = V_M t_1 = M_0 M_1$).

Новая позиция маневрирующего корабля (M_1) относительно объекта маневра (позиция K_1) определится новыми элементами позиции: пеленгом P_1 и дистанцией D_1 .

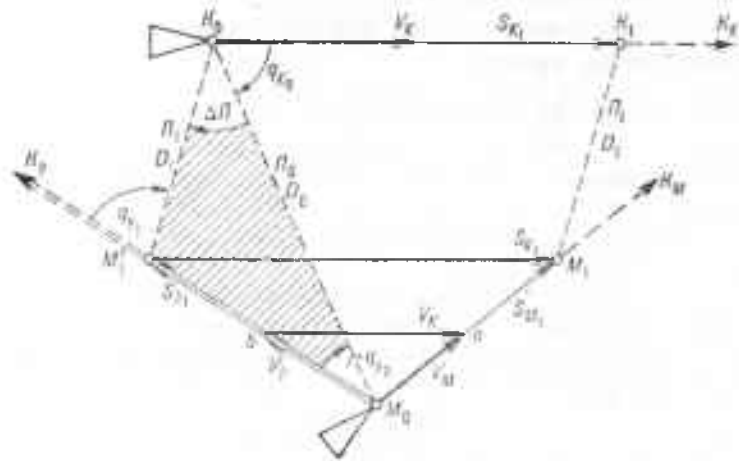


Рис. 4.3.1

Для перехода к относительному движению согласно формуле (4.3.2) вычтем из вектора абсолютного перемещения маневрирующего корабля ($\overline{S}_M = \overline{M_0 M_1}$) вектор переносного перемещения объекта маневра ($\overline{S}_K = \overline{K_0 K_1}$). Тогда вектор $\overline{M_0 M'_1}$ будет представлять вектор относительного перемещения маневрирующего корабля (\overline{S}'_M). Нетрудно видеть, что через промежуток времени t_1 (на момент $T_1 = T_0 + t_1$) взаимное положение кораблей (позиции K_1 и M_1) будет точно таким же, как взаимное положение точек K_0 и M'_1 , так как $K_0 M'_1 = K_1 M_1$ и $K_0 M'_1 \parallel K_1 M_1$ по построению. Поэтому точка M'_1 является относительной позицией маневрирующего корабля, отнесенной к начальной позиции объекта маневра K_0 ; она (точка M'_1) называется новой относительной позицией маневрирующего корабля.

Если выполнить аналогичные действия и на моменты $T_2 > T_1$, $T_3 > T_2$, ..., $T_i = T_0 + t_i$ (через промежутки времени t_2, t_3, \dots, t_i), найти относительные позиции маневрирующего корабля M'_2, M'_3, \dots, M'_i , то будет получено геометрическое место точек (относительных позиций), называемое линией относительного перемещения маневрирующего корабля. Направление этой линии (угол между северной частью меридиана и направлением линии относительного перемещения) называется относительным курсом маневрирующего корабля (K).

Треугольник $M_0 M_1 M'_1$ называется треугольником перемещений; сторонами его являются векторы абсолютного \overline{S}_M , переносного \overline{S}_K и относительного \overline{S}'_M перемещений, вершинами — начальная позиция маневрирующего корабля M_0 , абсолютная позиция маневрирующего корабля M_1 , а также относительная позиция маневрирующего корабля M'_1 на момент окончания маневра. Треугольник перемещений служит для перехода от относительных координат (позиций) к абсолютным и наоборот.

Если промежуток времени, для которого построен треугольник перемещений, равен единице, то треугольник перемещений обратится в треугольник скоростей M_0ab со сторонами $\bar{V}_M, \bar{V}_K, \bar{V}_c$.

Треугольники скоростей и перемещений дают представление о направлениях, скоростях и перемещениях кораблей. Направление векторов относительной скорости (\bar{V}_c) и относительного перемещения (\bar{S}_c) равно относительному курсу (K_c).

Треугольники скоростей и перемещений подобны, поэтому отношение их сторон есть величина постоянная, равная времени маневра:

$$\frac{S_{M_1}}{V_M} = \frac{S_{K_1}}{V_K} = \frac{S_{c_1}}{V_c} = t_1.$$

Это значит, что время маневра можно находить через элементы и абсолютного, и переносного, и относительного движения.

Треугольник $K_0M_0M_1$ называется треугольником позиций; его вершины являются позициями кораблей в начале маневра (K_0, M_0) и относительная позиция маневрирующего корабля в конце маневра (M_1).

Сторонами треугольника позиций $K_0M_0M_1$ являются радиусы-векторы начальной $\bar{D}_0 = \bar{K}_0M_0$ и конечной $\bar{D}_1 = \bar{K}_0M_1$ позиций маневрирующего корабля, а также вектор относительного перемещения \bar{S}_c ; при этом $\bar{D}_1 = \bar{D}_0 + \bar{S}_c$.

Углы треугольника позиций: q_0 — угол при вершине M_0 между линией относительного курса и линией начального пеленга — начальный относительный курсовой угол маневрирующего корабля; ΔP — угол при вершине K_0 между линиями пеленгов P_0 и P_1 — величина изменения пеленга за время маневра (t_1); q_1 — внешний угол треугольника при вершине M_1 — относительный курсовой угол маневрирующего корабля в конце маневра.

Треугольники перемещений и позиций — смежные, так как сторона $M_0M_1 = S_c$ у них общая.

Треугольник позиций позволяет видеть характер изменения взаимного положения (характер относительного перемещения) кораблей в процессе маневра, по так как на одном и том же векторе \bar{S}_c можно построить множество треугольников перемещений, то, очевидно, данное изменение пеленга $\Delta P = P_1 - P_0$ и дистанции $\Delta D = D_1 - D_0$ может быть достигнуто множеством курсов (вариантов маневрирования).

Как было отмечено, треугольники перемещений и скоростей дают возможность определить курсы, скорости и перемещения кораблей, но по ним невозможно определить характер изменения взаимного положения кораблей.

Только одновременное совместное рассмотрение треугольников позиций, перемещений и скоростей дает возможность наглядно представить маневр как в относительном, так и в абсолютном движении.

Названные треугольники являются основными треугольниками маневрирования. На их анализе базируются теоретические положения маневрирования кораблей, а практические вопросы сводятся главным образом к решению основных треугольников маневрирования.

Глава 5

МАНЕВРИРОВАНИЕ КОРАБЛЕЙ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ (ЗАНЯТИЯ) ПОЗИЦИИ

§ 5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для изменения (занятия) кораблем позиции относительно объекта маневра разработано значительное количество способов маневрирования. Каждый из них обладает как своими достоинствами, так и недостатками. Поэтому весьма важно командиру корабля, штурману, вахтенному офицеру уметь в каждом конкретном случае правильно выбирать способ маневрирования, который в большей степени соответствовал бы особенностям поставленной перед кораблем задачи и условиям обстановки. Это умение опирается на знания основ общей теории маневрирования кораблей и вырабатывается систематической личной тренировкой в расчете маневра.

Для расчета маневра изменения позиции необходимо знать:

— исходные (начальные) координаты (элементы позиции) маневрирующего корабля относительно объекта маневра (P_0 и D_0 или q_K и D_0);

— курс объекта маневра (K_K);

— скорость объекта маневра (V_K).

Общая методика графического расчета маневра для изменения позиции:

— вначале на планшет или карту наносятся исходные позиции объекта маневра (K_0) и маневрирующего корабля (M_0);

— определяются элементы позиции маневрирующего корабля (P_0 и D_0 или q_K и D_0) относительно объекта маневра;

— с учетом времени запаздывания $t_{\text{зап}}$ (времени устаревания $t_{\text{уст}}$) находится (предвычисляется) относительная позиция маневрирующего корабля (M_1) на момент начала маневра; в общем случае $t_{\text{зап}} = t_{\text{св}} + t_{\text{раб}} \neq 0$, где $t_{\text{св}}$ (время связи) — промежуток времени от момента определения (измерения) координат объекта маневра до момента получения этих данных оператором, выполняющим расчет маневра; $t_{\text{раб}}$ (рабочее время) — промежуток времени, затрачиваемый на оценку обстановки, на принятие решения о способе маневрирования и на выполнение расчетов;

— наносится относительная позиция (или позиции) маневрирующего корабля, соответствующая поставленной перед кораблем задаче;

— определяется относительный курс маневрирующего корабля, ведущий в заданную позицию;

— построением треугольника скоростей определяются курс и относительная скорость маневрирующего корабля для изменения позиции;

— рассчитывается время маневра;

— при необходимости построением треугольника перемещений осуществляется переход от относительных координат к абсолютным.

Ниже кратко рассмотрены некоторые наиболее распространенные способы маневрирования:

а) изменение позиции с одновременным изменением направления (пеленга, курсового угла объекта маневра) и дистанции;

б) изменение дистанции:

— при сохранении направления (при постоянстве пеленга);

— в кратчайший срок;

— в заданный срок;

в) изменение направления в кратчайший срок.

Изменение позиции с одновременным изменением направления (пеленга, курсового угла объекта маневра) и дистанции является наиболее общим способом маневрирования. Большая часть других способов — частные случаи названного.

Изменение позиции с одновременным изменением направления и дистанции

Задача выполнения маневра для изменения одновременно обоих элементов позиции имеет множество решений. Рассмотрим наиболее характерные из них.

1. Маневр для изменения позиции назначенной скоростью хода.

В момент обнаружения объекта маневра (позиция K_0 , курс K_K , скорость V_K) положение маневрирующего корабля относительно объекта маневра (позиция M_0) определялось пеленгом P_0 и дистанцией D_0 , при этом маневрирующий корабль следовал курсом K_M и скоростью V_M (рис. 5.1.1). Пусть для выполнения основной, поставленной перед кораблем задачи необходимо занять заданную позицию $M_{зад}$: по пеленгу $P_{зад}$ (курсовой угол объекта маневра φ_{K_d}), на дистанции $D_{зад}$ относительно объекта маневра.

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра. Построением треугольника скоростей K_0ab определяют относительную скорость маневрирующего корабля V_r , затем рассчитывают его относительное перемещение за время запаздывания ($S_{рзав} = V_r t_{зав}$) и наносят относительную позицию маневрирующего корабля (M'_1 , элементы позиции P_1 и D_1) на момент начала выполнения маневра.

Соединив позиции M_1 и $M'_{зад}$, получают вектор относительного перемещения \overline{S}_r за время выполнения маневра.

Для определения курса маневрирующего корабля строятся треугольник скоростей с учетом назначенной скорости хода (V_M):

— из конца вектора скорости объекта маневра (точка a) параллельно вектору \overline{S}_r проводится линия aK_0 ;

— из точки K_0 радиусом, равным V_M (в масштабе треугольника скоростей), проводится дуга, которая в общем случае пересечет линию aK_0 в двух точках (C_1 и C_2);

— соединив точку K_0 с точками C_1 и C_1^* , получают два курса (K_{M_1} и $K_{M_1}^*$ соответственно), следуя которыми корабль может занять заданную позицию $M'_{зд}$;

— рассчитывается время лежания на курсах K_{M_1} и $K_{M_1}^*$:

$$t_1 = \frac{S_{C_1}}{V_{\rho_1}} = \frac{M'_1 M'_{зд}}{a C_1} \quad \text{и} \quad t_1^* = \frac{S_{C_1^*}}{V_{\rho_1^*}} = \frac{M'_1 M'_{зд}}{a C_1^*}.$$

При выборе курса (варианта маневрирования) учитывают:

— навигационные и гидрометеорологические условия в районе (наличие и положение навигационных опасностей, запретных и опасных районов; направление ветра и волн), положение взаимодействующих кораблей и другие объективные факторы;

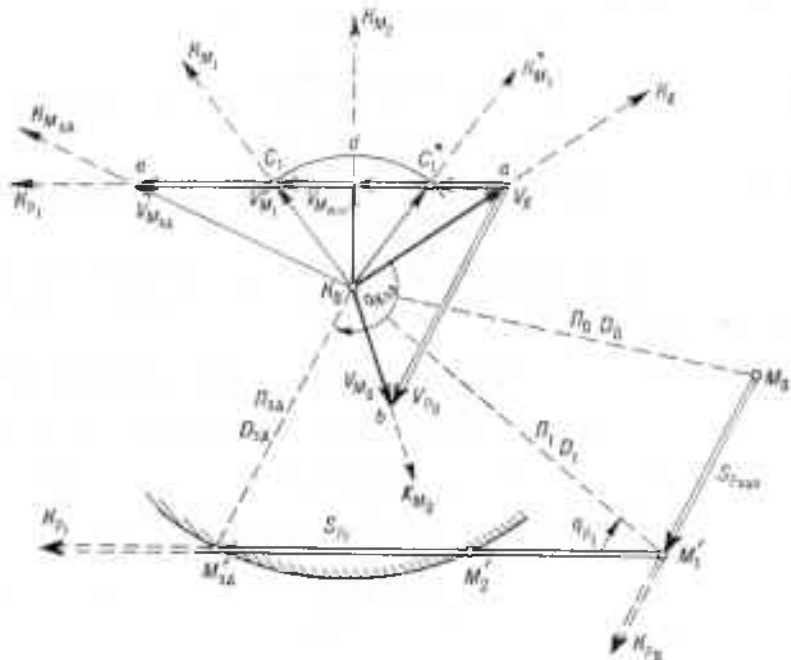


Рис. 5.1.1

— поставленную перед кораблем задачу и этап решения ее;

— время выполнения маневра (нетрудно видеть, что $t_1 < t_1^*$, так как $a C_1 > a C_1^*$, т. е. $V_{\rho_1} > V_{\rho_1^*}$).

Так, например, при благоприятных навигационных условиях:

— для занятия позиции $M'_{зд}$ за минимальное время необходимо лечь на курс K_{M_1} (время маневра t_1);

— для занятия позиции $M'_{зд}$ за максимальное время необходимо лечь на курс $K_{M_1}^*$ (время маневра t_1^*);

— если перед кораблем поставлена задача слежения за объектом маневра, имеющим преимущество в скорости хода ($V_K > V_M$), и дистанция поддержания контакта (D_i) не превышает заданную дистанцию ($D_i \leq D_{зд} < D_1$), то целесообразно на этапе сближения с объектом маневра (позиции $M'_1 \dots M'_2$) для быстрого получения контакта

иметь курс K_{M_1} , а на этапе слежения (позиции $M'_2 \dots M'_{зд}$) для достижения наибольшего времени поддержания контакта иметь курс $K_{M_1}^*$.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Расчет элементов позиции (Π_1, D_1) на момент начала выполнения маневра (учет времени запаздывания $t_{зан}$):

$$D_1 = \sqrt{D_0^2 + S_{зан}^2 - 2D_0 S_{зан} \cos q_{\rho_0}}$$

$$\Pi_1 = \Pi_0 + \arcsin \left(\frac{S_{зан}}{D_1} \sin q_{\rho_0} \right),$$

где $S_{зан} = V_{\rho_0} t_{зан} = t_{зан} \sqrt{V_K^2 + V_{M_1}^2 - 2V_K V_{M_1} \cos(K_K - K_{M_1})}$;

$$q_{\rho_0} = \Pi_0 - K_K - \arcsin \frac{V_{M_1} \sin(K_K - K_{M_1})}{\sqrt{V_K^2 + V_{M_1}^2 - 2V_K V_{M_1} \cos(K_K - K_{M_1})}}$$

Расчет курса и времени лежания на нем для занятия позиции $M'_{зд}$ по пеленгу $\Pi_{зд}$ на дистанции $D_{зд}$ от объекта маневра:

$$K_{M_1} = \Pi_1 \pm 180^\circ - q_{\rho_1} + \arcsin \left[\frac{V_K}{V_{M_1}} \sin(\Pi_1 - K_K - q_{\rho_1}) \right];$$

$$t_1 = \frac{S_{\rho_1}}{V_{\rho_1}} = \frac{\sqrt{D_1^2 + D_{зд}^2 - 2D_1 D_{зд} \cos(\Pi_{зд} - \Pi_1)}}{\sqrt{V_K^2 + V_{M_1}^2 - 2V_K V_{M_1} \cos(K_K - K_{M_1})}};$$

$$K_{M_1}^* = \Pi_1 - q_{\rho_1} - \arcsin \left[\frac{V_K}{V_{M_1}} \sin(\Pi_1 - K_K + q_{\rho_1}) \right];$$

$$t_1^* = \frac{S_{\rho_1}}{V_{\rho_1}^*} = \frac{\sqrt{D_1^2 + D_{зд}^2 - 2D_1 D_{зд} \cos(\Pi_{зд} - \Pi_1)}}{\sqrt{V_K^2 + V_{M_1}^2 - 2V_K V_{M_1} \cos(K_K - K_{M_1}^*)}};$$

где $q_{\rho_1} = \arccos \frac{D_1^2 + S^2 - D_{зд}^2}{2D_1 S_{\rho_1}}$;

$$S_{\rho_1} = \sqrt{D_1^2 + D_{зд}^2 - 2D_1 D_{зд} \cos(\Pi_{зд} - \Pi_1)}.$$

2. Маневр для изменения позиции минимальной скоростью хода.

В зависимости от гидрометеорологических и других условий в районе плавания, а также от технического состояния корабля может возникнуть необходимость выполнения маневра минимально возможной скоростью хода ($V_{M_{\min}}$).

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис. 5.1.1). Для определения минимальной скорости хода, курса и времени выполнения маневра:

— из точки K_0 восстанавливают перпендикуляр $K_0 d$ к линии относительной скорости aK_0 ; в результате построения получены: треугольник скоростей $K_0 a d$, относительная скорость $V_{\rho_0} = ad$, вектор минимальной скорости $\overline{V_{M_{\min}}} = \overline{K_0 d}$ и курс маневрирующего корабля K_{M_1} (соответствует направлению вектора $\overline{V_{M_{\min}}}$);

— рассчитывают время маневра

$$t_2 = \frac{S_{\rho_1}}{V_{\rho_2}} = \frac{M'_1 M'_{3д}}{aa}$$

Здесь следует еще раз обратиться (рис. 5.1.1) к варианту выполнения маневра курсом $K_{M_1}^*$ и скоростью V_{M_1} и сравнить его с маневром минимальной скоростью хода $V_{M_{\min}}$: так как $V_{M_1} > V_{M_1}^*$, то время маневра $t_1^* > t_2$; при этом, сравнив относительные скорости даже на глаз, без дополнительных расчетов с использованием конкретных числовых характеристик, видим, что, выполняя маневр меньшей скоростью хода ($V_{M_{\min}} < V_{M_1}$), но правильно выбрав курс, можно сократить время маневра в несколько раз (в нашем случае примерно в два раза).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Расчет курса K_{M_1} , минимальной скорости хода $V_{M_{\min}}$ и времени маневра t_2 для занятия позиции $M'_{3д}$ по пеленгу $\Pi_{3д}$ на дистанции $D_{3д}$ от объекта маневра:

$$K_{M_1} = \Pi_1 \pm 90^\circ - q_{\rho_1} = \Pi_1 \pm 90^\circ - \arccos \frac{D_1^2 + S_{\rho_1}^2 - D_{3д}^2}{2D_1 S_{\rho_1}}$$

$$V_{M_{\min}} = V_K \sin \rho_{K_1}$$

$$t_2 = \frac{S_{\rho_1}}{V_{\rho_2}} = \frac{\sqrt{D_1^2 + D_{3д}^2 - 2D_1 D_{3д} \cos(\Pi_{3д} - \Pi_1)}}{V_K \cos \rho_{K_1}}$$

где $S_{\rho_1} = \sqrt{D_1^2 + D_{3д}^2 - 2D_1 D_{3д} \cos(\Pi_{3д} - \Pi_1)}$;

ρ_{K_1} — угол между относительным курсом и курсом переносного движения, градусы.

$$\rho_{K_1} = \Pi_1 - K_{K_1} - \arccos \frac{D_1^2 + S_{\rho_1}^2 - D_{3д}^2}{2D_1 S_{\rho_1}}$$

3. Маневр для изменения позиции в заданный срок.

Необходимость выполнения такого маневра может возникнуть, например, при совместных действиях кораблей, когда взаимодействующим кораблям требуется занять позиции относительно объекта маневра к назначенному времени.

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис 5.1.1). Для определения курса и скорости выполнения маневра:

а) по относительному перемещению S_{ρ_1} и заданному времени $t_{3д}$ рассчитывают относительную скорость маневрирующего корабля

$$V_{\rho_{3д}} = \frac{S_{\rho_1}}{t_{3д}} = \frac{M'_1 M'_{3д}}{t_{3д}}$$

б) отложив по линии aK_1 отрезок $ae = V_{\rho_{3д}}$, получают треугольник скоростей K_0ae :

— направление отрезка K_0e определит курс $K_{M_{3д}}$ маневрирующего корабля;

— длина отрезка $K_0e = V_{M_{3д}}$ — скорость для выполнения маневра.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Расчет курса $K_{M_{зд}}$ и скорости хода $V_{M_{зд}}$ для занятия в заданный срок $t_{зд}$ позиции $M'_{зд}$ по пеленгу $\Pi_{зд}$ на дистанции $D_{зд}$ от объекта маневра:

$$K_{M_{зд}} = K_K - \arcsin \left[\frac{V_{K_{зд}}}{V_{M_{зд}}} \sin (\Pi_1 - K_K - q_{с}) \right];$$

$$V_{M_{зд}} = \sqrt{V_K^2 + V_{K_{зд}}^2 - 2V_K V_{K_{зд}} \cos (\Pi_1 - K_K - q_{с})},$$

где

$$V_{K_{зд}} = \frac{S_{с}}{t_{зд}} = \frac{1}{t_{зд}} \sqrt{D_1^2 + D_{зд}^2 - 2D_1 D_{зд} \cos (\Pi_{с1} - \Pi_{с2})};$$

$$q_{с} = \arccos \frac{D_1^2 + S_{с}^2 - D_{зд}^2}{2D_1 S_{с}}.$$

Достоинства способа маневрирования для изменения позиции с одновременным изменением направления и дистанции:

- значительное количество решений (вариантов) для выполнения маневра;
- имеется возможность при расчете маневра учесть особенности выполняемой кораблем основной задачи и конкретные условия обстановки.

Изменение дистанции

Этот способ маневрирования применяется в тех случаях, когда:

- направление на объект (с объекта) маневра уже позволяет выполнить поставленную перед кораблем задачу: корабль уже вышел на заданный пеленг (на заданный курсовой угол объекта маневра) или вошел в заданный диапазон пеленгов относительно объекта маневра;
- направление на объект (с объекта) маневра не оказывает влияния на результат (эффективность) выполнения поставленной задачи.

1. Маневр для изменения дистанции при сохранении направления (при постоянстве пеленга).

Как способ маневрирования для изменения позиции этот маневр является частным случаем общего способа, рассмотренного выше, и может быть выполнен: назначенной скоростью, минимальной скоростью, а также в заданный срок. Он применяется в тех случаях, когда направление на объект маневра уже позволяет выполнить поставленную перед кораблем задачу.

Примечание. В дальнейшем, для простоты изложения вопроса, будем полагать: время запаздывания (устаревания) уже учтено, т. е. позиции кораблей (элементы относительной позиции) соответствуют моменту начала выполнения маневра.

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра назначенной скоростью хода (рис. 5.1.2). На момент начала выполнения маневра: позиции кораблей K_0 и M_0 , элементы относительной позиции Π_0 и D_0 , курс объекта маневра K_K и его скорость V_K . Требуется: уменьшить дистанцию до $D_{зд} < D_0$, сохранив пеленг Π_0 , т. е. занять позицию M'_1 .

Направление вектора относительного перемещения $\vec{S}_1 = \overline{M_0 M'_1}$ (линия относительного курса маневрирующего корабля K_1) совпадает

с направлением на позицию объекта маневра K_0 . Для определения курса и времени выполнения маневра:

— с учетом назначенной скорости хода V_M строится треугольник скоростей K_0ab , направление вектора $\vec{V}_M = \vec{K}_0b$ определяет курс для выполнения маневра K_M ;

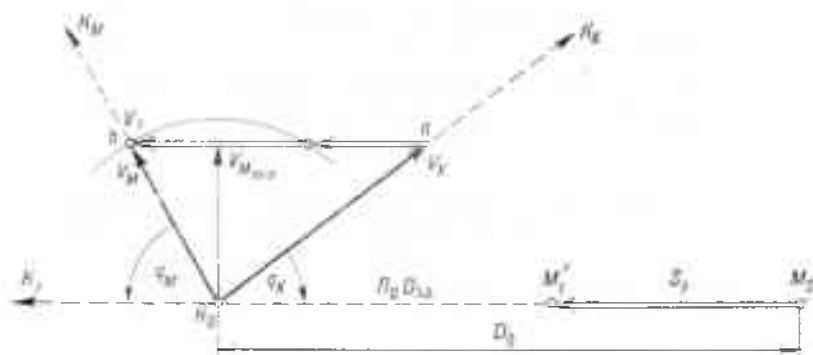


Рис. 5.1.2

— рассчитывается время маневра

$$t = \frac{S_0}{V_M} = \frac{M_0M_1}{ab}.$$

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Расчет курса маневрирующего корабля для уменьшения дистанции ($D_{3д} < D_0$):

$$K_M = \Pi_0 \pm 180^\circ - \arcsin \left[\frac{V_K}{V_M} \sin(\Pi_0 - K_K) \right];$$

расчет курса для увеличения дистанции ($D_{3д} > D_0$):

$$K_M = \Pi_0 \div \arcsin \left[\frac{V_K}{V_M} \sin(\Pi_0 - K_K) \right];$$

расчет времени маневра:

$$t = \frac{D_{3д} - D_0}{V_K \cos(\Pi_0 - K_K) + V_M \cos(\Pi_0 - K_M)}.$$

Достоинства способа изменения дистанции при сохранении направления:

- в процессе маневра сохраняется выгодное направление на объект маневра;
- добившись постоянства пеленга, можно выполнить маневр относительно объекта, курс и скорость которого неизвестны;
- из условия постоянства пеленга

$$V_M \sin q_M = -V_K \sin q_K$$

следует возможность определения одного из элементов движения цели, когда другой известен:

$$K_K = \Pi_{M-K} + 180^\circ + \arcsin \left(\frac{V_M}{V_K} \sin q_M \right)$$

или

$$V_K = V_M \frac{-\sin q_M}{\sin q_K}.$$

2. Маневр для изменения дистанции в кратчайший срок.

В случаях, когда направление (диапазон пеленгов, диапазон курсовых углов объекта маневра) не оказывает влияния на результат выполнения задачи или уже позволяет, но дистанция до объекта маневра не позволяет выполнить поставленную перед кораблем задачу, а фактор времени становится решающим, применяется маневр для изменения дистанции в кратчайший срок.

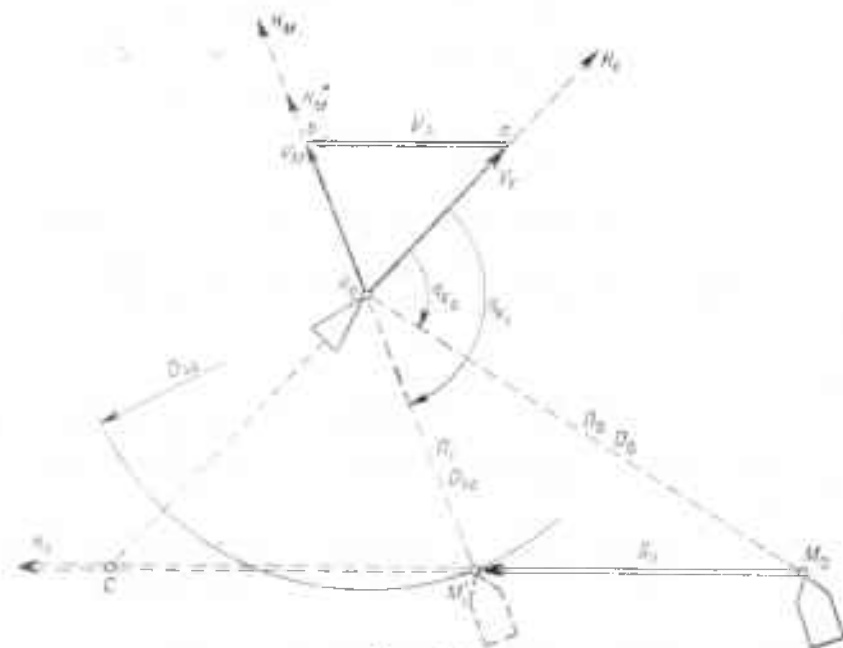


Рис. 5.1.3

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра для уменьшения дистанции в кратчайший срок (рис. 5.1.3). На момент начала выполнения маневра: позиции кораблей K_0 и M_0 , элементы относительной позиции P_0 и D_0 (или q_{K_0} и D_0), курс объекта маневра K_K и скорость V_K . Требуется: уменьшить дистанцию до $D_{зд} < D_0$ в кратчайший срок.

Для определения курса и времени маневра:

— рассчитывается расстояние от позиции объекта маневра (K_0) до точки (C) пересечения линии курса объекта маневра (K_0K_K) и линии относительного курса (K_p), ведущего маневрирующий корабль на дистанцию $D_{зд}$ в кратчайший срок:

$$K_0C = D_{зд} \frac{V_K}{V_M};$$

— полученное расстояние откладывается от позиции объекта маневра (K_0) в направлении, противоположном его курсу (так находится точка C);

— начальная позиция маневрирующего корабля M_0 соединяется прямой линией с точкой C ; направление линии M_0C определит относительный курс K_p для выполнения маневра; точка M'_0 пересечения линии относительного курса M_0C с окружностью радиусом $D_{зд}$ про-

веденной вокруг позиции K_0 , есть относительная позиция на заданной дистанции от объекта маневра ($K_0M_1' = D_{зд}$), которую маневрирующий корабль займет в кратчайший срок;

— для обнаружения возможного промаха в расчетах необходимо сначала найти, соединяя позиции M_1' и K_0 , курс K_M для выполнения маневра, затем построением треугольника скоростей K_0ab еще раз найти курс K_M^* для выполнения маневра;

— сравнить полученные результаты; если окажется, что $K_M \neq K_M^*$, то необходимо проверить предыдущие расчеты, если $K_M = K_M^*$, то можно продолжить расчет. Время маневра

$$t_{кр} = \frac{S_0}{V_p} = \frac{M_0M_1'}{ab}. \quad (5.5.1)$$

Достоинства способа уменьшения дистанции в кратчайший срок:

— выполнением двух независимых решений (расчетом курса K_M и K_M^*) имеется возможность убедиться в правильности рассчитанного курса;

— дистанция изменяется в кратчайший срок;

— в момент выхода на дистанцию $D_{зд}$ курсовой угол маневрирующего корабля $q_M = 0$, что важно для применения некоторых видов оружия, так как не требуется дополнительный поворот на боевой курс.

Недостатки способа:

— в результате маневра первоначальный пеленг изменяется ($\Pi_1 \neq \Pi_0$), а курсовой угол объекта маневра увеличивается ($q_K > q_{K_0}$), что может не позволить выполнить основную, поставленную перед кораблем задачу.

Поэтому в результате расчета маневра должны быть получены: курс K_M , время маневра $t_{кр}$, пеленг Π_1 и курсовой угол q_K объекта маневра на момент сближения кораблей на заданную дистанцию.

Если новый пеленг Π_1 (или курсовой угол q_K) не позволяет выполнить поставленную перед кораблем задачу, то от этого способа маневрирования следует отказаться и выполнить маневр для занятия позиции на дистанции $D_{зд}$ по пеленгу $\Pi_{зд}$ от объекта маневра. Следует иметь в виду, что в этом случае время маневра возрастет ($t > t_{кр}$).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Расчет курса:

$$K_M = K_K \pm 180^\circ - \arcsin \left[\frac{V_K}{V_M} \sin (\Pi_0 - K_K - q_{\rho_0}) \right] - q_{\rho_0};$$

расчет времени маневра:

$$t_{кр} = \frac{D_{зд}}{V_M} \left(\frac{V_K \sin (\Pi_0 - K_K)}{V_K \cos \rho_K + V_M \cos \rho_M} + 1 \right),$$

где $\rho_K = \Pi_0 - K_K - q_{\rho_0}$;

$$q_K = \arctg \frac{D_{зд} V_K \sin (\Pi_0 - K_K)}{D_0 V_M + D_{зд} V_K \cos (\Pi_0 - K_K)};$$

ρ_M — угол между относительным курсом и курсом абсолютного движения, градусы.

$$\rho_M = \arcsin \left[\frac{V_K}{V_M} \sin (\Pi_0 - K_K - q_{\rho_0}) \right]$$

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра для увеличения дистанции в кратчайший срок (рис. 5.1.4). На момент начала выполнения маневра: позиции кораблей K_0 и M_0 , элементы относительной позиции Π_0 и D_0 (или q_K и D_0), курс объекта маневра K_K и скорость V_K .

Требуется: увеличить дистанцию до $D_{ад} > D_0$ в кратчайший срок.

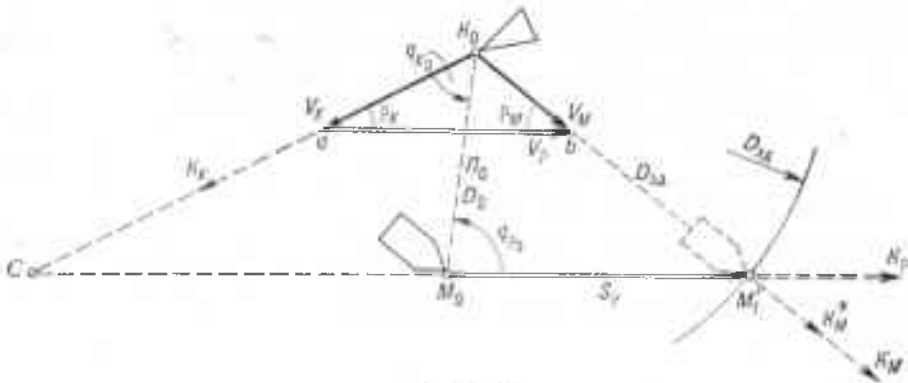


Рис. 5.1.4

Для определения курса и времени маневра:

— рассчитывается расстояние $K_0C = D_{ад} \frac{V_K}{V_M}$, которое затем откладывается от позиции объекта маневра K_0 по направлению его курса K_K (находится точка C);

— точка C соединяется с начальной позицией маневрирующего корабля M_0 , и прямая CM_0 (линия относительного курса) продолжается до пересечения с окружностью радиусом $D_{ад}$, проведенной вокруг позиции K_0 ; M_1 — точка пересечения линии относительного курса K_0M_1 с этой окружностью есть относительная позиция на заданной дистанции от объекта маневра ($K_0M_1 = D_{ад}$), которую маневрирующий корабль займет в кратчайший срок.

Чтобы обнаружить в расчетах возможный промах:

— сначала курс K_M для выполнения маневра находят, соединяя позиции K_0 и M_1 ;

— затем построением треугольника скоростей K_0ab еще раз находят курс K_M^* для выполнения маневра;

— если окажется, что $K_M \neq K_M^*$, то необходимо проверить предыдущие расчеты; если $K_M = K_M^*$, то можно продолжить расчет: время маневра рассчитывается по формуле (5.5.1).

В момент выхода на дистанцию $D_{ад}$ курсовой угол маневрирующего корабля будет $q_{M_1} = 180^\circ$. В остальном достоинства и недостатки, а также объем расчета маневра для увеличения дистанции те же, что и для уменьшения дистанции в кратчайший срок.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Расчет курса:

$$K_M = K_K \pm 180^\circ + \arcsin \left[\frac{V_K}{V_M} \sin (\Pi_0 - K_K - q_{\rho_0}) \right] + q_{\rho_0}$$

расчет времени маневра $t_{кр}$ производится так же, как и при аналитическом расчете маневра для уменьшения дистанции в кратчайший срок.

3. Маневр для изменения дистанции в заданный срок.

При ведении кораблями совместных действий в составе группы время выхода (сближения) на заданную дистанцию (для применения оружия, получения контакта средствами наблюдения и т. п.) обуславливается обстановкой, особенностями решаемой кораблями задачи и скоростными режимами кораблей. При этом в целях обоснованного управления всеми кораблями группы возникает необходимость оценить возможности каждого корабля для выполнения маневра: с учетом конкретного скоростного режима (соотношения скоростей хода) определяется диапазон курсовых углов объекта маневра ($q_{K_{min}} \dots q_{K_{max}}$), в пределах которого кораблем могут быть заняты позиции на заданной дистанции $D_{зд}$ в заданный срок $t_{зд}$.

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис. 5.1.5). На момент начала выполнения маневра: позиции кораблей K_0 и M_0 , элементы относительной позиции P_0 и D_0 (или q_K и D_0), курс объекта маневра K_K и скорость V_K .

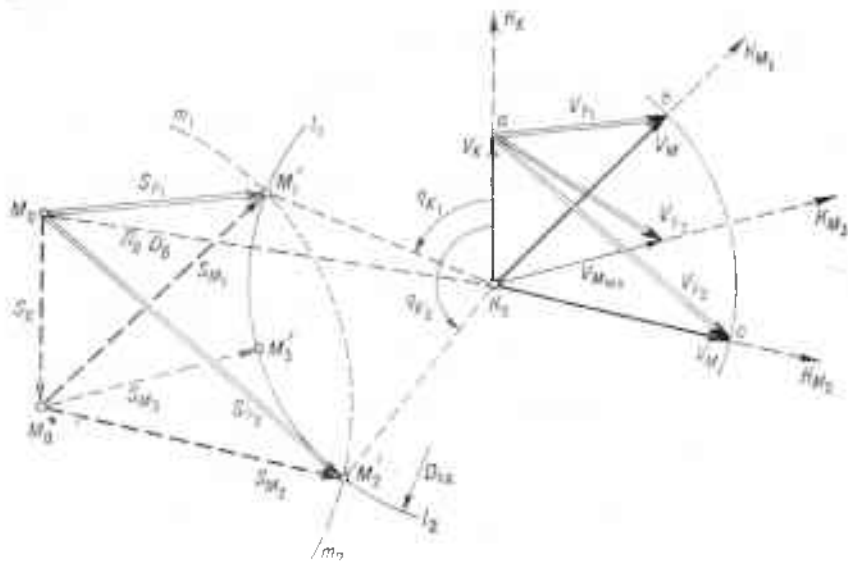


Рис. 5.1.5

Требуется сблизиться с объектом маневра на дистанцию $D_{зд} < D_0$ в заданный срок $t_{зд}$.

Для определения курсов маневрирующего корабля и позиций (диапазона курсовых углов) относительно объекта маневра:

— рассчитывается перемещение объекта маневра в течение заданного срока $S_K = V_K t_{зд}$;

— рассчитывается перемещение маневрирующего корабля со скоростью V_M в течение заданного срока $S_M = V_M t_{зд}$;

— начальная позиция маневрирующего корабля M_0 смещается параллельно линии курса объекта маневра на расстояние $S_K = V_K t_{зд} = M_0 M_0^*$ в направлении, обратном курсу объекта маневра (смещенная позиция M_0^*);

— из позиции объекта маневра K_0 радиусом, равным $D_{зд}$, проводится дуга окружности $l_1 l_2$;

— из смещенной позиции маневрирующего корабля M_0^* радиусом, равным $S_M = V_M t_{зд}$, проводится дуга окружности $m_1 m_2$ до пересечения с дугой $l_1 l_2$;

— в точках пересечения дуг обеих окружностей находятся относительные позиции маневрирующего корабля M'_1 и M'_2 на курсовых углах объекта маневра $q_{K_1} = q_{K_{мин}}$ и $q_{K_2} = q_{K_{макс}}$ соответственно;

— для занятия позиции M'_1 : вектор относительного перемещения $\bar{S}_1 = \overline{M_0 M'_1}$, вектор абсолютного перемещения $\bar{S}_M = \overline{M_0^* M'_1}$;

— для занятия позиции M'_2 : вектор относительного перемещения $\bar{S}_2 = \overline{M_0 M'_2}$, вектор абсолютного перемещения $\bar{S}_{M_2} = \overline{M_0^* M'_2}$;

— курсы K_{M_1} и K_{M_2} для выполнения маневра определяются или по направлениям векторов абсолютных перемещений \bar{S}_{M_1} и \bar{S}_{M_2} или построением треугольников скоростей $K_0 a b$ и $K_0 a c$.

Нетрудно видеть, что из исходной позиции M_0 на заданную дистанцию $D_{зд}$ за время $t_{зд}$ можно выйти и меньшей скоростью хода, однако диапазон курсовых углов объекта маневра (диапазон позиций) будет уменьшаться, т. е. при $V_{M_1} < V_M$ могут быть заняты относительные позиции M'_1 только на курсовых углах $q_{K_{мин}} < q_{K_1} < q_{K_{макс}}$.

Минимальной скоростью $V_{M_{мин}}$ можно выйти на заданную дистанцию на курсовой угол $q_{K_3} = 0,5 (q_{K_1} + q_{K_2})$ только одним курсом $K_{M_3} = \frac{K_{M_1} + K_{M_2}}{2}$. Минимальная скорость $V_{M_{мин}} = \frac{M_0^* M_3}{t_{зд}}$.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Расчет курсов маневрирующего корабля K_{M_1} и K_{M_2} , курсовых углов объекта маневра q_{K_1} и q_{K_2} и минимальной скорости хода маневрирующего корабля $V_{M_{мин}}$:

$$K_{M_1} = \Pi_0 \pm 180^\circ + \arcsin \left[\frac{V_M t_{зд}}{D^*} \sin (\Pi_0 - K_K) \right] + q_{M_1};$$

$$K_{M_2} = \Pi_0 \pm 180^\circ + \arcsin \left[\frac{V_M t_{зд}}{D^*} \sin (\Pi_0 - K_K) \right] - q_{M_2};$$

$$q_{K_1} = \Pi_0 - K_K + \arcsin \left[\frac{V_M t_{зд}}{D^*} \sin (\Pi_0 - K_K) \right] - \Delta q_{K_1};$$

$$q_{K_2} = \Pi_0 - K_K + \arcsin \left[\frac{V_M t_{зд}}{D^*} \sin (\Pi_0 - K_K) \right] - \Delta q_{K_2};$$

$$V_{M_{мин}} = \frac{D^* - D_{зд}}{t_{зд}},$$

где $D^* = M_0^* K_0 = \sqrt{D_0^2 + (V_M t_{зд})^2 - 2 D_0 V_M t_{зд} \cos (\Pi_0 - K_K)}$;

$$q_{M_1} = \arccos \frac{D^2 + (V_M t_{зд})^2 - D_{зд}^2}{2 D^* V_M t_{зд}};$$

$$\Delta q_{K_1} = \arcsin \frac{V_M t_{зд} \sin q_{M_1}}{D_{зд}}.$$

Изменение направления в кратчайший срок

В случаях, когда дистанция (диапазон дистанций) до объекта маневра уже позволяет, но направление (пеленг, курсовой угол объекта маневра) не позволяет выполнить поставленную перед кораблем задачу, а фактор времени становится решающим, применяется маневр для изменения направления в кратчайший срок.

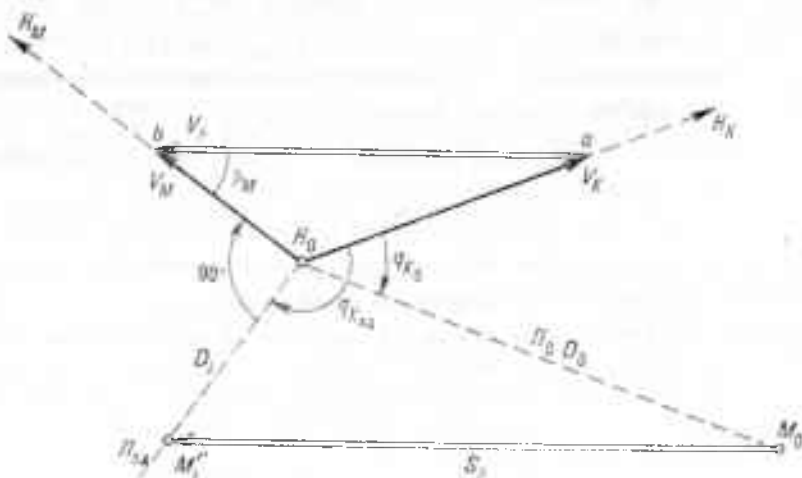


Рис. 5.1.6

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис. 5.1.6). На момент начала выполнения маневра: позиции кораблей K_0 и M_0 , элементы относительной позиции P_0 и D_0 (или q_K и D_0), курс объекта маневра K_K и скорость V_K .

Требуется: выйти на пеленг $P_{эд}$ (курсовой угол объекта маневра $q_{K_{эд}}$) в кратчайший срок.

Для определения курса и времени маневра:

— строится треугольник скоростей K_0ab так, чтобы линия вектора скорости \bar{V}_M (линия курса K_M) маневрирующего корабля была направлена под углом 90° к линии заданного пеленга $P_{эд}$ (к границе заданного курсового угла объекта маневра $q_{K_{эд}}$);

— из начальной позиции маневрирующего корабля M_0 параллельно вектору относительной скорости ($\bar{V}_0 = \bar{ab}$) проводится линия относительного перемещения S_p до пересечения с линией заданного пеленга $K_0P_{эд}$; так находится относительная позиция маневрирующего корабля в конце маневра M_1 (элементы позиции $P_{эд}$ и D_1) и модуль вектора относительного перемещения S_p ;

— рассчитывается время маневра:

$$t_{чп} = \frac{S_p}{V_p} = \frac{M_0M_1}{ab}.$$

Достоинства способа изменения направления в кратчайший срок:

— простота расчета курса маневра;

— направление изменяется в кратчайший срок.

Недостаток способа — в результате маневра первоначальная дистанция изменяется ($D_1 \neq D_0$), что может не позволить выполнить основную, поставленную перед кораблем задачу.

Поэтому в результате расчета маневра должны быть получены: курс K_M , время маневра $t_{кр}$ и дистанция D_1 на момент выхода маневрирующего корабля на заданное направление относительного объекта маневра.

Если дистанция D_1 не позволяет выполнить поставленную задачу, то от этого способа маневрирования следует отказаться и выполнить маневр для занятия позиции по пеленгу $\Pi_{зд}$ на дистанции $D_{зд}$ от объекта маневра. Разумеется, при этом на выполнение маневра будет затрачено больше времени ($t > t_{кр}$).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Расчет курса K_M , времени маневра $t_{кр}$ и дистанции D_1 на момент выхода на заданное направление:

$$K_M = \Pi_{зд} \pm 90^\circ,$$

где знак плюс, если начальный пеленг необходимо увеличить, и знак минус, если начальный пеленг необходимо уменьшить;

$$t_{кр} = \frac{S_2}{V_r} = \frac{D_0 \sin(\Pi_{зд} - \Pi_0)}{\cos \rho_M \sqrt{V_K^2 + V_M^2 + 2V_K V_M \sin(\Pi_{зд} - K_K)}};$$

$$D_1 = \frac{D_0 \cos(\Pi_{зд} - \Pi_0 + \rho_M)}{\cos \rho_M},$$

где $\rho_M = \arcsin \left[\frac{V_K}{V_r} \cos(\Pi_{зд} - K_K) \right]$;

$$V_r = \sqrt{V_K^2 + V_M^2 + 2V_K V_M \sin(\Pi_{зд} - K_K)}.$$

§ 5.2. УЧЕТ СООТНОШЕНИЯ СКОРОСТЕЙ КОРАБЛЕЙ ПРИ ВЫБОРЕ СПОСОБА МАНЕВРИРОВАНИЯ

Основные положения

В практической деятельности вряд ли следует ожидать равенства скоростей или постоянного одностороннего преимущества в скорости хода кораблей только одной из противоборствующих сторон по следующим причинам:

— неодинаковы скоростные характеристики кораблей различных классов;

— неодинаково влияние одних и тех же гидрометеорологических и гидрологических факторов на возможность развития и поддержания максимальной скорости хода кораблей разных водоизмещений;

— кроме того, в ходе боя под воздействием оружия соотношение скоростей кораблей может неоднократно меняться в ту или иную сторону.

Если корабль обладает преимуществом в скорости хода, а его командир пользуется этим преимуществом расчетливо, разумно, то, без сомнения, такой корабль всегда имеет возможность выполнить маневр для занятия и удержания любой позиции (сближаясь или выполняя маневр уклонения) относительно корабля с меньшей скоростью.

Если корабль обладает меньшей скоростью, то возможности его для выполнения как маневра сближения, так и маневра уклонения от корабля с большей скоростью ограничены. Следует заметить, что сами возможности корабля для выполнения конкретного маневра при этом не столь очевидны, как это представляется на первый взгляд.

Поэтому, с учетом вышесказанного, представляется необходимым командиру корабля, штурману, вахтенному офицеру, офицерам, отвечающим за выполнение маневра, уметь:

— быстро оценивать возможности корабля с меньшей скоростью для выполнения маневра относительно корабля, обладающего большей скоростью;

— если меньшей скоростью обладает свой корабль, то максимально использовать все имеющиеся возможности для выполнения маневра в интересах решения основной задачи, поставленной перед кораблем;

— если меньшей скоростью обладает корабль противника, то лишать противника его возможностей для выполнения маневра с гарантией безопасности и минимальным ущербом для выполнения основной задачи своими кораблями (например, с минимальным изменением генерального курса и скорости, с минимальным уклонением от маршрута перехода в район боевых действий и т. п.).

В дальнейшем корабль, имеющий даже незначительное преимущество в скорости хода, будем для краткости именовать быстроходным, а корабль с меньшей скоростью — тихоходным.

При графическом расчете маневра для занятия назначенной позиции (см. § 5.1) из исходной (начальной) позиции маневрирующего корабля в назначенную относительную позицию проводится вектор относительного перемещения (\vec{S}_r), в результате линия относительного курса маневрирующего корабля (K_r) пройдет через назначенную относительную позицию.

Следовательно, если линия относительного курса маневрирующего корабля не пройдет через назначенную относительную позицию, то корабль эту позицию занять не сможет.

На рис. 5.2.1 представлены: исходные позиции объекта маневра K_0 и маневрирующего корабля M_0 , курс объекта маневра K_K и его скорость $V_K = K_0a$; объект маневра имеет преимущество в скорости хода ($V_K > V_M$), он — быстроходный корабль.

Треугольники скоростей (K_{0ab} , K_{0ac} , K_{0ad} , K_{0ae} , K_{0af} , K_{0ag}) дают представление о характере изменения вектора относительной скорости (и относительного курса) тихоходного маневрирующего корабля в зависимости от изменения его абсолютного курса (K_M , K_M , ..., K_M):

— модуль вектора относительной скорости может изменяться от максимальной величины $V_{\text{max}} = V_K + V_M$ (при $K_M = K_K \pm 180^\circ$) до минимальной $V_{\text{min}} = V_K - V_M$ (при $K_M = K_K$);

— направление вектора относительной скорости (относительный курс) изменяется в секторе $\angle bae = 2Q$, где из прямоугольных треугольников скоростей K_{0ab} и K_{0ae} $Q = \arcsin \frac{V_M}{V_K}$, градусы.

Угол Q называется критическим углом.

Величина сектора относительных скоростей ($\angle baе$) не зависит от взаимного положения кораблей, их скоростей и курсов, но зависит лишь от соотношения скоростей этих кораблей $\left(\frac{V_M}{V_K}\right)$. Сектору относительных скоростей ($\angle baе$) тихоходного маневрирующего корабля соответствует сектор его относительных курсов ($\angle K_{M_1} M_0 K_{M_2} = 2Q$), вершина сектора

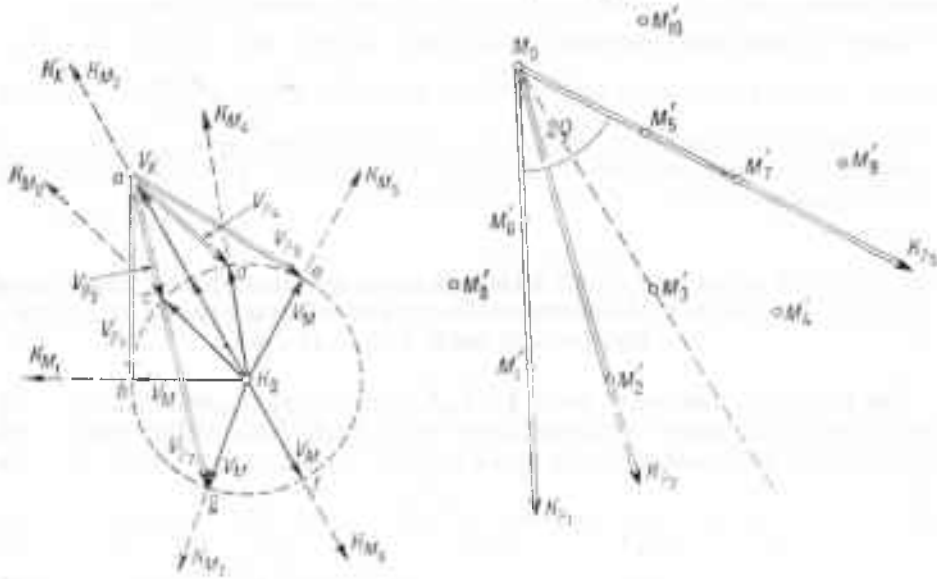


Рис. 5.2.1

совпадает с позицией тихоходного корабля. Нетрудно видеть, что в процессе маневра относительная позиция тихоходного маневрирующего корабля изменяется (изменяется пеленг и дистанция относительно быстрого объекта маневра), а сектор относительных курсов, не изменяя своей величины ($2Q$) при постоянном соотношении скоростей $\left(\frac{V_M}{V_K}\right)$, перемещается так, что его вершина всегда совпадает с текущей позицией маневрирующего корабля, а биссектриса сектора направлена в сторону, обратную курсу быстрого корабля.

Этот сектор относительных курсов называется сектором доступных позиций, так как (при сохранении курса и скорости быстрого объекта маневра) все относительные позиции (M'_1, M'_2, M'_3), находящиеся внутри сектора, и все относительные позиции (M_1, M_2, M_3, M_4), находящиеся на границах сектора, доступны для занятия тихоходным кораблем. Следует обратить внимание на то, что:

а) позиции M_1, M_6 и M'_2, M'_4 , находящиеся на границе сектора доступных позиций, могут быть заняты только одним курсом (K_M и K'_M соответственно), линия которого перпендикулярна соответствующей границе сектора доступных позиций;

б) для занятия позиций M'_3, M'_5, M_4 , находящихся внутри сектора доступных позиций, имеется значительное количество вариантов выполнения маневра; так, например, для занятия позиции M'_3 :

— без изменения скорости хода тихоходного корабля курсы K_{M_1} (относительная скорость $V_{cs} = ag$, время маневра t_{\min}) и K_{M_2} (относительная скорость $V_{cs} = ac$, время маневра t_{\max});

— с уменьшением скорости хода — несколько курсов (см. § 5.1).

Относительные позиции (M_8, M_9, M'_{10}), находящиеся вне сектора доступных позиций, недоступны для тихоходного корабля, он может лишь приблизиться к ним на некоторое кратчайшее расстояние.

Сектор доступных позиций позволяет быстро, без громоздких расчетов, только с помощью критического угла ($Q = \arcsin \frac{V_M}{V_K}$) оценить возможности тихоходного корабля для занятия той или иной позиции относительно быстроходного корабля и принять решение о способе выполнения маневра.

§ 5.3. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТИХОХОДНОГО КОРАБЛЯ ДЛЯ СБЛИЖЕНИЯ С БЫСТРОХОДНЫМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАЧАЛЬНОГО КУРСОВОГО УГЛА БЫСТРОХОДНОГО КОРАБЛЯ

На рис. 5.3.1 курсовой угол ($\angle K_K K_0 C_0$) быстроходного объекта маневра численно равен критическому углу ($\angle K_K K_0 C_0 = Q$); такой курсовой угол называется критическим курсовым углом. Он

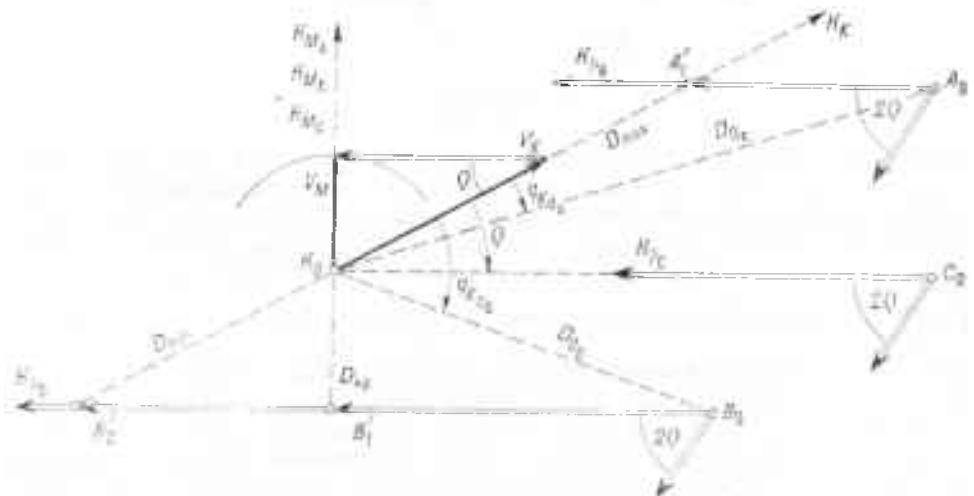


Рис. 5.3.1

всегда принадлежит кораблю с большей скоростью. Критический курсовой угол, обращенный в сторону тихоходного корабля, называют критическим курсовым углом видимого борта, а критический курсовой угол другого борта — критическим курсовым углом противоположного борта. Нетрудно видеть, что границы критических курсовых углов быстроходного корабля параллельны границам сектора доступных позиций тихоходного корабля.

Оценим возможности для сближения с быстроходным кораблем трех тихоходных кораблей, обладающих одинаковой скоростью и находящихся на различных курсовых углах быстроходного корабля.

На момент начала выполнения маневра позиции этих тихоходных кораблей A_0 , B_0 и C_0 , быстроходного — K_0 .

Если начальная позиция тихоходного корабля (A_0) находится на курсовом угле быстроходного корабля меньше критического курсового угла ($q_{K_0} < Q$), то:

— тихоходный корабль, следуя курсом K_{M_A} , линия которого перпендикулярна границе критического курсового угла видимого борта (относительный курс K_{rA}), пересечет курс быстроходного корабля впереди (позиция A'_1) на некоторой дистанции, называемой максимальной дистанцией [$D_{\max} = K_0 A'_1 = D_0 \sin(Q - q_{K_{M_A}})$ созес Q]; при этом курсовой угол быстроходного корабля будет уменьшаться от q_{K_0} до нуля, а курсовой угол тихоходного корабля будет увеличиваться (меняться на корму);

— тихоходный корабль может сблизиться с быстроходным кораблем, идущим постоянным курсом, на любую дистанцию ($0 \leq D_i < D_0$) как при сохранении пеленга (курсовых углов), так и при следовании несколькими курсами, в том числе и с уменьшением скорости своего хода.

Это, например, означает, что тихоходный корабль из исходной (начальной) позиции на курсовом угле $q_{K_0} < Q$ может: выставить минную банку в расстоянии D_{\max} впереди по курсу быстроходного корабля; безопасно пересечь линию дозора, если расстояние D_{\max} больше дальности действия средств наблюдения быстроходного дозорного корабля; сблизиться с быстроходным кораблем на дальность действия своих средств обнаружения ($D_{обн} < D_0$), на дистанцию стрельбы ($D_{стр} < D_0$) и т. п.

Если начальная позиция тихоходного корабля (C_0) находится на курсовом угле быстроходного корабля, равном критическому курсовому углу ($q_{K_0} = Q$), то:

— тихоходный корабль, следуя курсом (K_{M_C}), линия которого перпендикулярна границе критического курсового угла видимого борта (относительный курс K_{rC}), может сблизиться с быстроходным кораблем, идущим постоянным курсом, на любую дистанцию ($0 \leq D_i < D_0$); при этом пеленг и курсовые углы кораблей будут оставаться постоянными;

— тихоходный корабль может сблизиться с быстроходным кораблем на дистанцию $D_i > 0$ несколькими курсами, в том числе и с уменьшением своей скорости хода.

Если начальная позиция тихоходного корабля (B_0) находится на курсовом угле быстроходного корабля больше критического курсового угла ($q_{K_0} > Q$, но не более $Q + 90^\circ$), то:

— тихоходный корабль, следуя курсом K_{M_B} , линия которого перпендикулярна границе критического курсового угла видимого борта (относительный курс K_{rB}), приблизится к быстроходному кораблю лишь на некоторое кратчайшее расстояние [$D_{кр} = K_0 B'_1 = D_0 \sin(q_{K_B} - Q)$]; при этом курсовой угол быстроходного корабля будет непрерывно увеличиваться, а курсовой угол тихоходного корабля — изменяться на нос и в момент кратчайшего расстояния будет равен нулю;

— затем в ходе маневра тихоходный корабль пересечет курс быстроходного корабля по корме на дистанции K_0B_2 , которая называется минимальной $[D_{\min} = K_0B_2 = D_0 \sin(q_{KB} - Q) \operatorname{cosec} Q]$.

Если начальная позиция тихоходного корабля находится на курсовом угле быстроходного корабля $q_{KB} \geq Q + 90^\circ$, то уменьшение дистанции будет невозможно.

Теперь дадим более полное определение:

критический курсовой угол — это наибольший курсовой угол быстроходного корабля, находясь на котором корабль с меньшей скоростью еще может сблизиться с быстроходным кораблем при сохранении (постоянстве) курсового угла (пеленга).

Возможности тихоходного корабля для сближения с быстроходным кораблем ограничены и существенно зависят от начального курсового угла быстроходного корабля. В результате неправильного маневрирования и медлительности при принятии решения о способе маневрирования курсовой угол быстроходного корабля может увеличиваться, а возможности тихоходного корабля будут утрачены безвозвратно. Поэтому, чтобы сохранить максимальные возможности тихоходного корабля для сближения, целесообразно, с получением данных о быстроходном корабле, немедленно, до принятия решения о способе маневрирования, лечь на курс, отличающийся на 90° от направления границы критического курсового угла видимого борта, а именно:

$$K_M = K_K + Q - 90^\circ,$$

если тихоходный корабль находится на курсовых углах правого борта относительно быстроходного корабля;

$$K_M = K_K - Q + 90^\circ,$$

если тихоходный корабль находится на курсовых углах левого борта относительно быстроходного корабля.

§ 5.4. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТИХОХОДНОГО КОРАБЛЯ ДЛЯ СБЛИЖЕНИЯ С БЫСТРОХОДНЫМ КОРАБЛЕМ НА ЗАДАННУЮ ДИСТАНЦИЮ

На практике нередко приходится оценивать возможности тихоходного корабля для сближения с быстроходным кораблем на заданную дистанцию ($D_{зд}$), позволяющую выполнить поставленную перед кораблем задачу (это может быть дистанция получения контакта собственными средствами наблюдения, дистанция слежения, дистанция применения оружия и т. п.). Так как $V_M < V_K$, то сближение на заданную дистанцию $D_{зд}$ возможно, если $D_{зд} \geq D_{кр}$.

На рис. 5.4.1 позиция быстроходного корабля (объекта маневра) K_0 , критический курсовой угол $aK_0f = Q$, радиус дуги cdv равен скорости тихоходного корабля V_M , радиус дуги n_1n_2 равен заданной дистанции $D_{зд}$, радиус дуги m_1m_2 равен исходной (начальной) дистанции D_0 ; линия l_1l_2 касательна к дуге окружности радиусом $D_{зд}$ и параллельна границе K_0f критического курсового угла видимого борта.

Наибольшие возможности тихоходному кораблю для сближения с быстроходным объектом, как известно, дает курс, линия которого перпендикулярна границе K_0f критического курсового угла видимого борта, а линия относительного курса в то же время параллельна ей. Показателем возможности тихоходного корабля для сближения с быстроходным кораблем на заданную дистанцию является курсовой угол быстроходного корабля q_{K_0} на исходную позицию тихоходного ко-

рабля. Нетрудно видеть, что из позиции B_0 , находящейся на дистанции D_0 , еще возможно сближение тихоходного корабля с быстроходным на заданную дистанцию, так как $D_{кр} = D_{зд}$. Курсовой угол быстроходного корабля на эту позицию называется предельным курсовым углом ($Q_{пр}$, градусы).

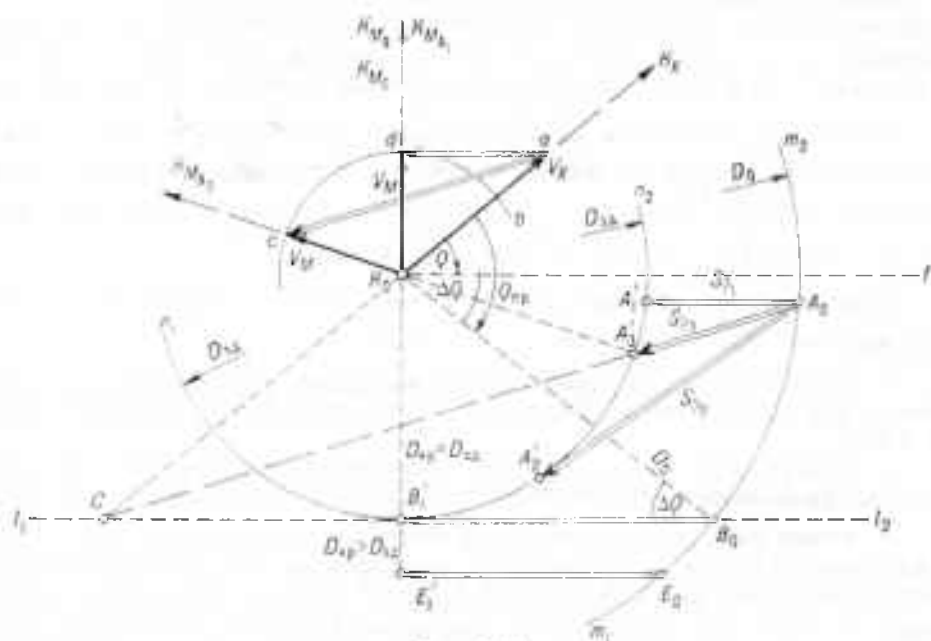


Рис. 5.4.1

Предельный курсовой угол — это наибольший курсовой угол быстроходного корабля, находясь на котором корабль с меньшей скоростью еще может сблизиться с быстроходным кораблем на заданную дистанцию.

$$Q_{пр} = Q + \Delta Q,$$

где из треугольника $K_0B_0B'_1$:

$$\Delta Q = \arcsin \frac{D_{зд}}{D_0} \text{ — поправка критического угла;}$$

$$Q = \arcsin \frac{V_M}{V_K}.$$

Оценим возможности для сближения с быстроходным кораблем на заданную дистанцию трех тихоходных кораблей, обладающих одинаковой скоростью и находящихся на дистанции D_0 на различных курсовых углах относительно быстроходного корабля.

На моменты начала выполнения маневра позиции этих тихоходных кораблей A_0, B_0 и E_0 , быстроходного — K_0 .

Если курсовой угол быстроходного корабля больше предельного курсового угла ($q_K > Q_{пр}$, позиция E_0), то сближение тихоходного корабля на дистанцию $D_{зд}$ невозможно, так как кратчайшая дистанция между кораблями больше заданного ($D_{кр} = K_0E'_1 > D_{зд}$).

Если курсовой угол быстроходного корабля равен предельному курсовому углу ($q_K = Q_{пр}$, позиция B_0), то сближение тихоходного

корабля на дистанцию $D_{эд}$ возможно только одним курсом K_{MB} , линия которого перпендикулярна границе критического курсового угла видимого борта. В этом случае кратчайшая дистанция равна заданной ($D_{кр} = K_0 B'_1 = D_{эд}$).

Если курсовой угол быстроходного корабля меньше предельного курсового угла ($q_{K_0} < Q_{пр}$, позиция A_0), то сближение тихоходного корабля на заданную дистанцию возможно в секторе относительных курсов $A'_1 A_0 A'_2$ (относительные позиции от A'_1 до A'_2).

Позиция A'_1 находится на минимальном курсовом угле быстроходного корабля ($q_{K_{мин}}$); ее можно занять только одним курсом, линия которого перпендикулярна границе критического курсового угла видимого борта ($K_{MA_1} = K_K + Q - 90$, см. § 5.3).

Позиция A_1 (курсовой угол $q_{K_{мин}}$) заслуживает особого внимания, так как она:

— обеспечивает тихоходному кораблю наибольшие возможности для дальнейшего сближения с быстроходным кораблем (см. § 5.3);

— максимально затрудняет быстроходному кораблю уклонение от дальнейшего сближения с тихоходным кораблем (см. ниже);

— может быть занята, как было отмечено, лишь одним единственным курсом, и, кроме того, несмотря на меньшее относительное перемещение ($S_p < S_s$; $S_s < S_s$), требует наибольшего времени маневра для сближения с дистанции D_0 на $D_{эж}$ ($t_1 > t_2$; $t_1 > t_3$).

Все остальные позиции (A_2, A'_3, \dots), находящиеся на курсовых углах быстроходного корабля больше минимального ($q_{K_i} > q_{K_{мин}}$), можно занять значительным количеством способов маневрирования, в том числе и с уменьшением скорости тихоходного корабля.

При наличии множества курсов для сближения и целого диапазона позиций (от A'_1 до A'_2), которые может занять тихоходный корабль на заданной дистанции, всегда есть курс, который обеспечивает выход на заданную дистанцию (в одну из этих позиций) в кратчайший срок. Для нахождения этого курса соединяют начальную позицию тихоходного маневрирующего корабля A_0 с точкой C (точкой пересечения линии $l_1 l_2$, параллельной границе критического курсового угла видимого борта, и линии курса быстроходного корабля $aK_0 C$).

Точка пересечения линии относительного курса $A_0 C$ с дугой окружности радиусом $D_{эд}$ (точка A'_3) есть относительная позиция тихоходного корабля в момент выхода его на заданную дистанцию в кратчайший срок, а направление линии $A'_3 K_0$ определит курс (K_{MA_3}) для сближения с быстроходным кораблем на заданную дистанцию в кратчайший срок. Действительно, из треугольника $K_0 C B'_1$

$$K_0 C = \frac{D_{эд}}{\sin Q} = D_{эд} \frac{V_K}{V_M}.$$

Следовательно, относительные курсы, линии которых, будучи проведенными из различных начальных позиций тихоходного корабля через точку C и пересекающие окружность радиусом $D_{эд}$, ведут тихоход-

ный корабль к сближению с быстроходным кораблем на дистанцию $D_{эд}$ в кратчайший срок (см. § 5.1).

Итак, предельный курсовой угол $Q_{пр}$ позволяет оценить не только возможности тихоходного корабля для сближения с быстроходным кораблем на заданную дистанцию, но и условия выполнения маневра в зависимости от соотношения предельного курсового угла и курсового угла быстроходного корабля (q_K) на начальную позицию тихоходного корабля (A_0, B_0, E_0).

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

— тихоходный корабль получит тем большие возможности для сближения с быстроходным кораблем, чем на меньшем курсовом угле (q_K) быстроходного корабля он займет исходную (начальную) позицию для выполнения маневра;

— для уклонения от тихоходного корабля на дистанцию больше заданной ($D_i > D_{эд}$) быстроходный корабль должен привести его на свой курсовой угол больше предельного курсового угла ($q_{K_i} > Q_{пр}$), т. е. лечь на один из курсов (K_{K_i}), отличающийся от пеленга обнару-

жения тихоходного корабля (P_0) на угол больше предельного:

$$P_0 - Q_{пр} < K_{K_i} < P_0 + Q_{пр},$$

т. е. изменить свой первоначальный (генеральный) курс на угол

$$\Delta K_{K_i} > Q_{пр} - q_{K_i}$$

— последнее обстоятельство позволяет рекомендовать: в процессе наведения нацеливать тихоходные ударные корабли на более острые (меньшие) курсовые углы быстроходного корабля с тем, чтобы затруднить быстроходному кораблю уклонение от сближения и вынудить его или сближаться с тихоходными кораблями на невыгодную для него дистанцию, или значительно уклониться от своего генерального курса ($\Delta K_K > Q_{пр}$), или, может быть, даже отказаться от выполнения своей основной задачи;

— наконец, если тихоходные корабли займут исходные позиции для атаки на дистанции $D_0 > D_{эд}$ на курсовых углах быстроходного корабля $q_{K_0} < Q_{пр}$ правого и левого бортов (способ охвата), то быстроходному кораблю для уклонения от них на дистанцию больше заданной ($D_i > D_{эд}$) придется изменить свой курс уже на угол $\Delta K_{K_i} > Q_{пр} + q_{K_0}$ а не на $\Delta K_{K_i} > Q_{пр} - q_{K_0}$, т. е. увеличить угол отворота по крайней мере на $2q_{K_0}$.

§ 5.5. УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ЦИРКУЛЯЦИИ КОРАБЛЯ НА ТОЧНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ МАНЕВРА

Учет циркуляции корабля в относительном движении (способ Загурьянова А. К.)

Влияние циркуляции корабля на изменение взаимного положения кораблей рассмотрим на примере (рис. 5.5.1).

Маневрирующий корабль курсом K_M прибыл в позицию M_0 (элементы позиции: пеленг P_0 , дистанция D_0 от позиции объекта маневра K_0), затем, описав дугу циркуляции M_0M_1 (радиус циркуляции $R_{ц}$, кбт), лег на курс K_{M_1} . За время циркуляции ($t_{ц}$) маневрирующего корабля

объект маневра, следующий курсом K_K и скоростью V_K , переместится в позицию K_1 ; при этом

$$K_0K_1 = S_K^u = V_K \cdot t_u.$$

К моменту окончания поворота маневрирующего корабля на курс K_{M_1} взаимное положение кораблей (абсолютные позиции M_1 и K_1) определится пеленгом P_1 и дистанцией D_1 , отличающимися от начальных (P_0 и D_0). Нетрудно заметить, что влияние циркуляции

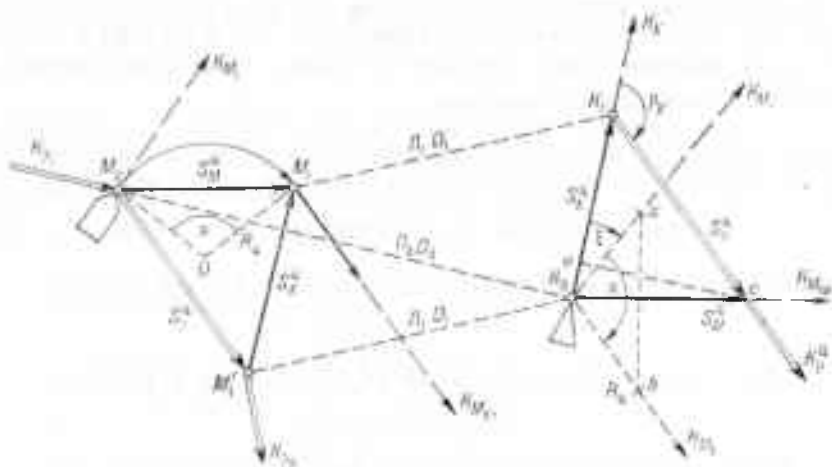


Рис. 5.5.1

корабля на изменение элементов позиции будет тем существеннее, чем меньше начальная дистанция (D_0) между кораблями, чем больше радиус циркуляции (R_u) и угол изменения курса ($\alpha = K_{M_1} - K_{M_0}$, градусы).

Найдем вектор относительного перемещения (\bar{S}_0^u) маневрирующего корабля за время его циркуляции. Для этого заменим дугу циркуляции M_0M_1 хордой $M_0M_1 = S_M^u$, называемой абсолютным перемещением маневрирующего корабля (из позиции M_0 в позицию M_1) за время циркуляции. Построив треугольник перемещений ($M_0M_1M_1'$) за время циркуляции, найдем \bar{S}_0^u :

$$\bar{S}_0^u = \bar{S}_M^u - \bar{S}_K^u.$$

Значит, если маневрирующий корабль по прибытии в позицию M_0 выполнит поворот вправо с курса K_{M_0} (относительный курс K_{p_0}) на курс K_{M_1} (относительный курс K_{p_1}), то дальнейшее счисление в относительных координатах (в относительном движении) следует вести по линии относительного курса K_{p_1} не от позиции M_0 в начале поворота, а от относительной позиции M_1 в конце поворота. Относительная позиция M_1 находится прокладкой вектора \bar{S}_M^u из позиции M_0 , соответствующей моменту начала поворота.

Рассчитаем элементы треугольника перемещений $M_0M_1M_1'$ графически. Как было показано выше, модуль вектора \bar{S}_M^u есть хорда, стягива-

вающая дугу M_0M_1 , равную $\alpha = K_{M_1} - K_{M_0}$. Если по линиям курсов K_{M_0} и K_{M_1} маневрирующего корабля, проложенным из одной точки, например K_0 , отложить отрезки K_0a и K_0b , равные радиусу циркуляции R_u , то расстояние между концами отрезков будет равно

$$ab = M_0M_1 = S_M^u.$$

Направление полученного отрезка ab отличается от направления хорды M_0M_1 на 90° . Поэтому для нахождения вектора \vec{S}_M^u длину отрезка ab откладывают по биссектрисе угла $K_{M_0}K_0K_{M_1}$ (вдоль линии среднего курса $K_{M_{cp}} = 0,5 (K_{M_1} + K_{M_0})$):

$$ab = S_M^u; \quad K_0c = S_M^u.$$

Направление вектора \vec{S}_M^u совпадает с курсом объекта маневра, модуль вектора $S_M^u = V_K \cdot t_u$.

Время циркуляции маневрирующего корабля (в минутах)

$$t_u = \frac{S_M^u}{60\omega_u},$$

где ω_u — угловая скорость циркуляции корабля, $^\circ/\text{с}$.

Вектор \vec{S}_M^u находят построением треугольника перемещений K_0K_1c . Для повышения точности расчета этот треугольник целесообразно строить в масштабе 1 : 1, как и треугольник скоростей.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет вектора относительного перемещения маневрирующего корабля за время циркуляции. С учетом значения $S_M^u = 2R_u \sin \frac{\alpha}{2}$ (треугольник K_0ab) из треугольника K_0K_1c (рис. 5.5.1) на основании теоремы синусов

$$S_p^u = \frac{2R_u \sin \frac{\alpha}{2} \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)}{\sin \rho_K}, \quad (5.5.1)$$

где $\rho_K = K_p^u - K_K$,

ξ — угол между курсом маневрирующего корабля и курсом объекта маневра, градусы.

$$\xi = K_M - K_K.$$

Направление вектора \vec{S}_p^u рассчитывается по формуле

$$K_p^u = K_K + \rho_K. \quad (5.5.2)$$

Найдем значение угла ρ_K . Из прямоугольных треугольников eK_1c и K_0ec

$$\text{tg} (180^\circ - \rho_K) = \frac{ec}{eK_1}, \quad (5.5.3)$$

где $ec = S_M^u \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)$,

$$eK_1 = S_K^u - K_0e = S_K^u - S_M^u \cos \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right).$$

С учетом значений es и eK_1 , S_p^u и S_M^u , решив уравнение (5.5.3) относительно ρ_K , получим

$$\rho_K = -\operatorname{arctg} \frac{12R_u \sin \frac{\alpha}{2} \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)}{V_K \frac{\alpha}{60u} - 12R_u \sin \frac{\alpha}{2} \cos \left(\frac{\alpha}{2} + \xi \right)}. \quad (5.5.4)$$

По формулам (5.5.1) и (5.5.2) с учетом формулы (5.5.4) рассчитывают модуль и направление вектора S_p^u для любой разности (ξ) начального курса (K_M) маневрирующего корабля и курса (K_K) объекта маневра.

В том случае, если до начала поворота маневрирующий корабль лежал на курсе, равном курсу объекта маневра ($K_M = K_K$), $\xi = 0$ и

$$S_p^u = \frac{2R_u \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sin \rho_K},$$

$$\rho_K = -\operatorname{arctg} \frac{12R_u \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{V_K \frac{\alpha}{60u} - 6R_u \sin \alpha}.$$

Аналитический расчет элементов вектора S_p^u используется при решении задач маневрирования на ЭВМ, а также для построения номограмм, позволяющих ускорить графические расчеты маневра.

Для нахождения относительной позиции маневрирующего корабля в конце поворота на новый курс вектор S_p^u , полученный в результате решения, прокладывается в масштабе дистанций (перемещений) из позиции начала поворота.

В том случае, когда кораблю в процессе маневра необходимо с учетом мер безопасности ($D_{без}$) выполнить поворот с линии относительного курса K_1 (рис. 5.5.2) на заданную предварительным расчетом линию относительного курса K_2 , позицию начала поворота (M_1') находят вмещением вектора S_p^u между линиями относительных курсов K_1 и K_2 . Если пренебречь влиянием циркуляции и начать поворот в позиции M_1' (в точке пересечения линий относительных курсов), то циркуляция корабля будет завершена в позиции M_2' и маневр по отношению к уравнителю (его позиция K_0) может стать опасным ($D_{кр} < D_{без}$).

Учет циркуляции корабля в абсолютном движении (способ Глазкова П. П.)

Нередко при совместном плавании корабль, выполнив маневр для занятия новой позиции относительно уравнителя, ложится на прежний курс. Если при этом расчет маневра для занятия новой позиции M_1' (рис. 5.5.3, элементы новой позиции Π_1 и D_1) выполнить без учета циркуляции (треугольник скоростей K_0ab), то будет получен курс K_{M_2} и время лежания на рассчитанном курсе

$$t = \frac{S_p}{V_s} = \frac{M_0 M_1'}{ab}. \quad (5.5.5)$$

Рассмотрим маневр корабля в абсолютном движении. Из позиции M_0 корабль опишет циркуляцию и в точке c ляжет на рассчитанный курс K_{M_1} , в течение времени t , рассчитанного по формуле

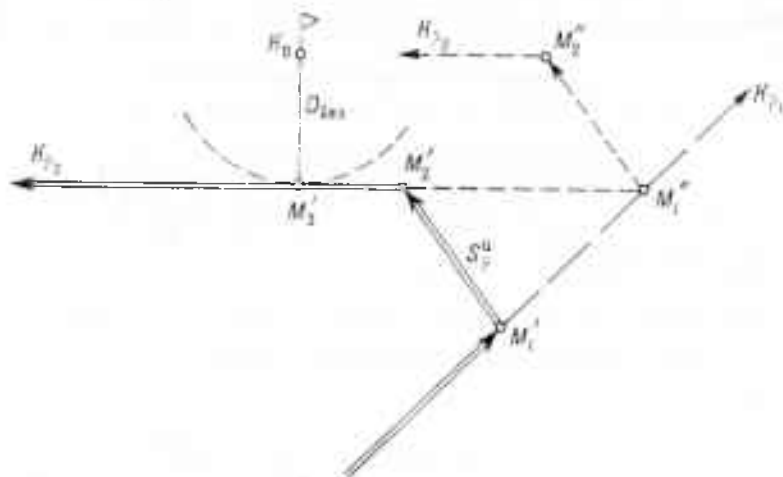


Рис. 5.5.2

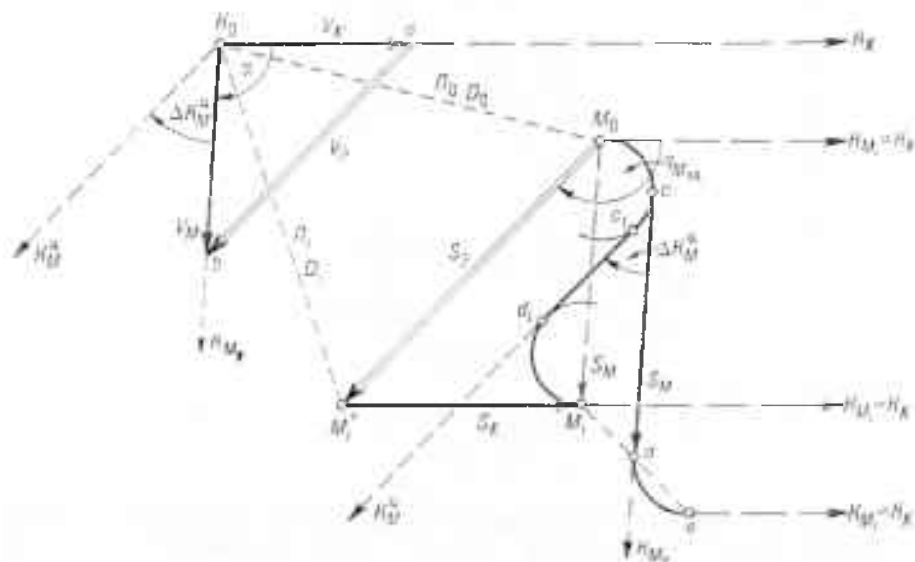


Рис. 5.5.3

(5.5.5), пройдет расстояние $S_M = V_M \cdot t = cd$, а затем в точке d начнет поворот на прежний курс $K_M = K_K$ и завершит его в точке e . В результате такого маневра корабль в назначенную абсолютную позицию M_1 (треугольник перемещений $M_0M_1M_1$) не попадет: смещение корабля относительно абсолютной позиции (M_1) составит

$$M_1e = 4R_a \sin \frac{\alpha}{2};$$

превышение времени маневра над рассчитанным (формула 5.5.5) за счет циркуляции равно

$$2t_u = \frac{2\alpha}{60\omega_a} = \frac{\alpha}{30\omega_a};$$

позиция M_1 за время t_u сместится вместе с уранвннтелем на расстояние

$$S_R^u = V_K t_u = \frac{V_K^2}{180 \omega_u};$$

расстояние от корабля до назначенной позиции к концу маневра будет равно

$$S_p^u = \sqrt{(S_R^u)^2 + (M_1 e)^2 - 2 S_R^u M_1 e \cos \frac{\alpha}{2}} = \\ = \sqrt{\left(2 R_u \sin \alpha - \frac{V_K^2}{180 \omega_u}\right)^2 - [(1 - \cos \alpha) 2 R_u]^2},$$

где $\alpha = q_{M_{зд}} - \arcsin\left(\frac{V_K}{V_M} \sin q_{M_{зд}}\right)$;

$q_{M_{зд}}$ — курсовой угол маневрирующего корабля с исходной позиции (M_0) на назначенную позицию (M_1).

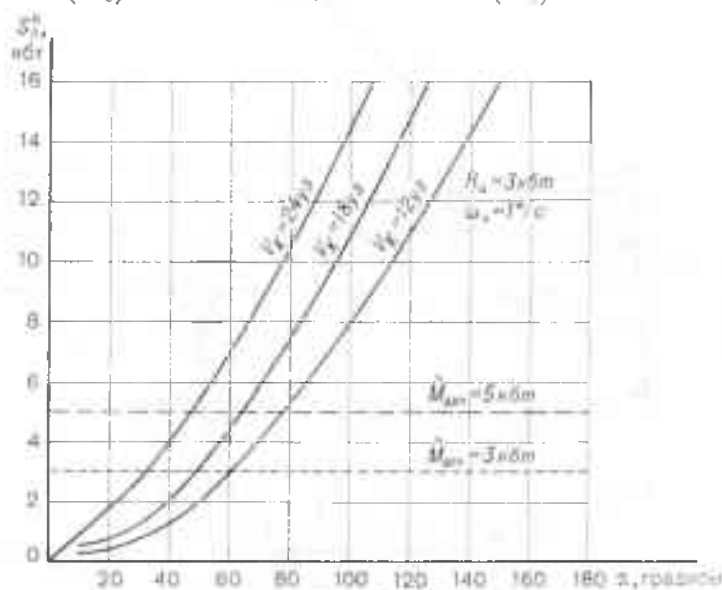


Рис. 5.5.4

На рис. 5.5.4 представлены графики зависимости смещения корабля (S_p^u) относительно назначенной позиции из-за неучета циркуляции от угла изменения курса (α). Если маневр, рассчитанный без учета циркуляции, все же позволяет кораблю занять место относительно уранвнтеля с погрешностью меньшей, чем регламентированная ($S_p^u \leq \hat{M}_{доп}$), то можно ограничиться приближенным (без учета циркуляции) расчетом. Если смещение превышает допустимую погрешность ($S_p^u > \hat{M}_{доп}$), то необходимо рассчитывать маневр с учетом влияния циркуляции.

Решение этой задачи было выполнено Глазковым П. П. Им предложено (рис. 5.5.3) циркуляцию корабля в точке c не заканчивать, а продолжить ее до точки c_1 , чтобы затем, пройдя курсом $K_{зд}$ расстояние $c_1 d_1$, следующую циркуляцию (на прежний курс) начать в точке d_1 .

и завершить ее в абсолютной позиции M_1 , которая соответствует назначенной относительной позиции M'_1 .

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра с учетом циркуляции. Вначале, без учета циркуляции корабля, рассчитывается курс K_{M_2} и построением треугольника перемещений $M_0M'_1M_1$ находится абсолютная позиция M_1 , соответствующая назначенной относительной позиции M'_1 . Затем проводятся две дуги циркуляции радиусом R_u : первая (M_0c_1) начинается в исходной позиции M_0 от первоначального курса корабля $K_M = K_K$, вторая (d_1M_1) завершается в абсолютной позиции M_1 курсом, равным первоначальному. Касательная c_1d_1 , проведенная к этим дугам циркуляции, есть линия курса K_M^u , исправленного за циркуляцию ($K_M^u = K_{M_2} + \Delta K_M^u$). Время лежания корабля на этом курсе

$$t_u = \frac{c_1 d_1}{V_M}$$

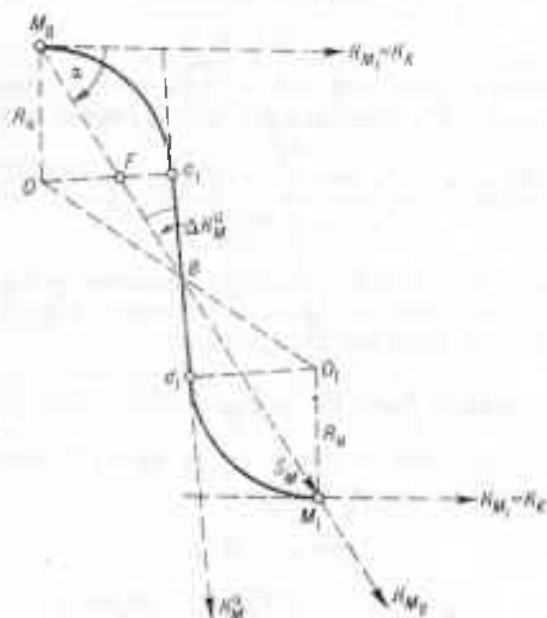


Рис. 5.5.5

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра с учетом циркуляции. Из прямоугольного треугольника Fc_1B (рис. 5.5.5): поправка за циркуляцию ΔK_M^u к курсу K_{M_2}

$$\Delta K_M^u = \arctg \frac{Fc_1}{c_1 B}; \tag{5.5.6}$$

абсолютное перемещение S_M^u курсом K_M^u

$$S_M^u = c_1 d_1 = 2c_1 B. \tag{5.5.7}$$

Из прямоугольного треугольника OBc_1 и треугольника M_0OB

$$Fc_1 = R_u - OF;$$

$$c_1 B = \sqrt{OB^2 - R_u^2};$$

$$OB^2 = M_0B^2 + M_0O^2 - 2M_0B \cdot M_0O \cdot \cos(90^\circ - \alpha), \quad (5.5.8)$$

где $M_0B = 0,5 M_0M_1 = 0,5 S_M$;

$$M_0O = R_u.$$

После подстановки значений M_0B и M_0O в формулу (5.5.8) и выполненных преобразований

$$c_1B = 0,5 \sqrt{S_M(S_M - 4R_u \sin \alpha)}. \quad (5.5.9)$$

Из треугольника M_0OF на основании теоремы синусов, с учетом значений $\angle c_1FB = \angle OFM_0 = 90^\circ - \Delta K_M^u$ и $M_0O = R_u$

$$OF = \frac{R_u \cos \alpha}{\cos \Delta K_M^u}$$

и

$$Fc_1 = \frac{R_u (\cos \Delta K_M^u - \cos \alpha)}{\cos \Delta K_M^u}.$$

С учетом полученных значений c_1B и Fc_1 после решения формулы (5.5.6) относительно ΔK_M^u поправка за циркуляцию к курсу маневра

$$\Delta K_M^u = \arcsin \frac{2R_u [(S_M - 2R_u \sin \alpha) + \cos \alpha \sqrt{S_M(S_M - 4R_u \sin \alpha)}]}{S_M(S_M - 4R_u \sin \alpha) + 4R_u^2}. \quad (5.5.10)$$

С учетом формул (5.5.7) и (5.5.9) найдем разность между абсолютным перемещением S_M без учета влияния циркуляции и абсолютным перемещением S_M^u с учетом влияния циркуляции:

$$\Delta S_M^u = S_M - \sqrt{S_M(S_M - 4R_u \sin \alpha)}. \quad (5.5.11)$$

Исправленный за циркуляцию курс K_M^u и время t^u лежащая на этом курсе рассчитываются по формулам

$$K_M^u = K_{M_1} \pm \Delta K_M^u, \quad (5.5.12)$$

$$t^u = \frac{S_M - \Delta S_M^u}{V_M} = \frac{\sqrt{S_M(S_M - 4R_u \sin \alpha)}}{V_M}, \quad (5.5.13)$$

$$\text{где } S_M = V_M \frac{S_p}{V_p} = \frac{S_p \sin q_{M_{эд}}}{\sin \alpha};$$

$$\alpha = q_{M_{эд}} - \arcsin \left(\frac{V_K}{V_M} \sin q_{M_{эд}} \right).$$

Знаки в формуле (5.5.12) определяются стороной поворота корабля: при повороте вправо — знак плюс, при повороте влево — знак минус. По формулам (5.5.10) и (5.5.11) рассчитываются таблицы, из которых по аргументам R_u , S_M и $\alpha = K_{M_1} - K_K$ выбирают поправки ΔK_M^u и ΔS_M^u для расчета курса и времени по формулам (5.5.12) и (5.5.13).

Учет циркуляции способом Глазкова П. П. имеет методическую ошибку: по окончании второй циркуляции маневрирующий корабль оказывается на линии курса своей новой позиции, но всегда позади

нее, так как сумма длин двух дуг циркуляции M_0c_1 , d_1M_1 и отрезка c_1d_1 (рис. 5.5.3) больше отрезка $M_0M_1 = S_M$. Кроме того, на циркуляции скорость хода корабля уменьшается, за счет чего отставание от назначенной позиции будет еще большим. Для компенсации отставания уменьшение скорости хода маневрирующего корабля до скорости хода уравнивателя практически производят не по окончании поворота на прежний курс, а по мере выхода корабля в назначенную позицию, что контролируется путем измерения пеленга на уравниватель (назначенный пеленг Π_1).

Следует иметь в виду, что из-за неизбежного отставания занятие назначенной позиции при выполнении маневра с учетом циркуляции способом Глазкова П. П. возможно лишь в том случае, если скорость маневрирующего корабля больше скорости объекта маневра ($V_M > V_K$).

Упрощенный способ учета циркуляции корабля в абсолютном движении

Учет влияния циркуляции может быть упрощен за счет корректуры только одного элемента — времени лежания на рассчитанном курсе.

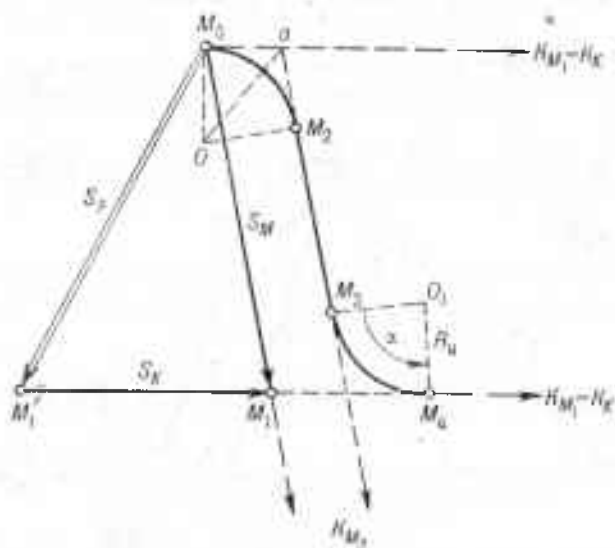


Рис. 5.5.6

Корабль (рис. 5.5.6), завершая поворот на угол α в точке M_2 , ложится на курс K_{M_2} , рассчитанный без учета влияния циркуляции, проходит этим курсом расстояние M_2M_3 и начинает поворот на прежний курс, равный курсу уравнивателя. Время лежания на курсе K_{M_2} рассчитывается по формуле

$$t'' = \frac{M_2M_3}{V_M} = \frac{S_M - \Delta S_{M_2}^u}{V_M} = \frac{S_M - 2aM_2}{V_M},$$

где из треугольника M_2Oa

$$\Delta S_{M_2}^u = 2aM_2 = 2R_n \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Упрощенный способ учета циркуляции также имеет методическую ошибку: по окончании второй циркуляции маневрирующий корабль оказывается на линии курса своей новой позиции ($K_{M_2} = K_K$), но впереди нее. После окончания поворота на первоначальный курс точное

заятие позиции достигается дополнительным маневром (отставанием) путем уменьшения скорости хода маневрирующего корабля по сравнению со скоростью уранвителя ($V_{M_1} < V_K$).

Учет циркуляции корабля при выполнении первого поворота (на угол α_1) и второго поворота (на угол $\alpha_2 = 360^\circ - \alpha_1$) в одну и ту же сторону

Как уже отмечалось, ни способ Глазкова П. П., ни упрощенный способ учета циркуляции не позволяют точно занять назначенную позицию без дополнительного маневра. Нетрудно видеть, что если маневрирующий корабль выполнит циркуляцию на угол $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 = 360^\circ$, то в абсолютных координатах он не сместится из абсолютной исходной позиции, а изменение его относительной позиции будет вызвано только лишь постоянным смещением уранвителя (S_K^n) за время циркуляции маневрирующего корабля на угол 360° . В связи с этим представляется возможным рассчитать маневр корабля для точного занятия позиции без корректуры курса и времени лежания на нем, а также занять назначенную позицию без выполнения дополнительного маневра.

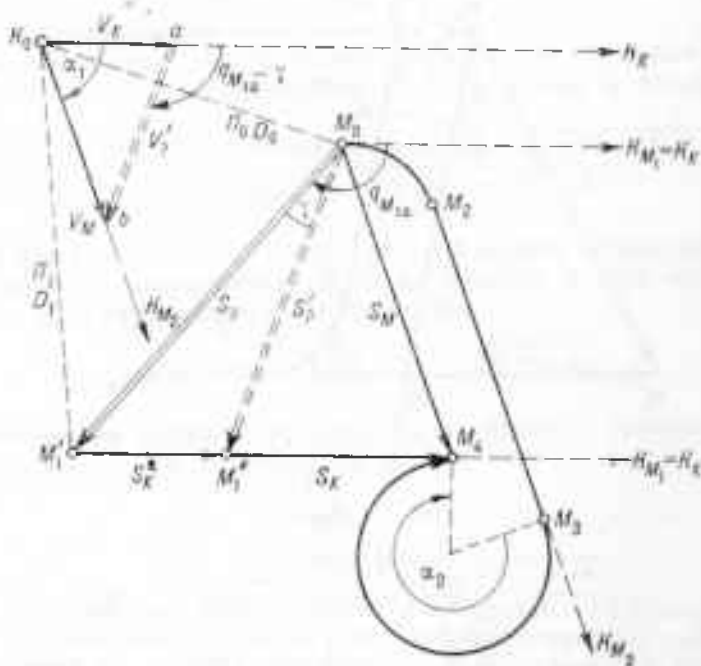


Рис. 5.5.7

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис. 5.5.7). Вначале рассчитывается смещение уранвителя за время выполнения двух циркуляций маневрирующего корабля

$$S_K^n = V_K t_u = \frac{V_K (\alpha_1 + \alpha_2)}{6 \cdot 60 \omega_u} = \frac{V_K \cdot 360^\circ}{6 \cdot 60 \omega_u} = \frac{V_K}{\omega_u}.$$

Затем заданная относительная позиция M_1' смещается параллельно линии курса уранвителя на рассчитанное расстояние $S_K^n = M_1 M_1'$. Без учета циркуляции рассчитывается курс маневрирующего корабля K_{M_1} (угол изменения курса α_1) и время лежания на рассчитанном

курсе t^u для занятия смещенной позиции M'' (треугольник скоростей K_0ab);

$$t^u = \frac{M_0M_1''}{V_p'} = \frac{S_p'}{V_p'} = \frac{S_M}{V_M} = \frac{M_0M_4}{V_M} = \frac{M_2M_3}{V_M}. \quad (5.5.14)$$

Выполнение маневра: корабль, описав циркуляцию в сторону назначенной позиции на угол α_1 , в течение времени, рассчитанного по формуле (5.5.14), следует курсом K_{M_0} , затем выполняет поворот на первоначальный курс в ту же сторону (на угол второго поворота $\alpha_2 = 360^\circ - \alpha_1$).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Из треугольника скоростей K_0ab на основании теоремы синусов

$$\frac{V_K}{\sin[(q_{M_{3д}} - \gamma) - \alpha_1]} = \frac{V_M}{\sin(q_{M_{3д}} - \gamma)},$$

откуда угол первого поворота

$$\alpha_1 = -(q_{M_{3д}} - \gamma) + \arcsin \left[\frac{V_K}{V_M} \sin(q_{M_{3д}} - \gamma) \right], \quad (5.5.15)$$

где из треугольника $M_0M_1'M_1''$ на основании теоремы синусов

$$\frac{\frac{S_p''}{\sin \gamma}}{\sin \gamma} = \frac{V_K}{\omega_u \sin \gamma} = \frac{S_p'}{\sin(180^\circ - q_{M_{3д}})} \quad \text{и} \quad \gamma = \arcsin \left(\frac{V_K}{\omega_u S_p'} \sin q_{M_{3д}} \right). \quad (5.5.16)$$

Из треугольников $M_0M_1'M_1''$ и K_0ab на основании теоремы косинусов относительное перемещение от исходной (M_0) до смещенной позиции (M'')

$$S_p'' = \sqrt{S_p'^2 + (S_K^u)^2 - 2S_p'S_K^u \cos(180^\circ - q_{M_{3д}})}. \quad (5.5.17)$$

Относительная скорость

$$V_p' = \sqrt{V_K^2 + V_M^2 - 2V_KV_M \cos \alpha_1}. \quad (5.5.18)$$

С учетом формул (5.5.14), (5.5.17) и (5.5.18) время лежания корабля на курсе для занятия позиции

$$t^u = \frac{6 \sqrt{S_p'^2 + (S_K^u)^2 + 2S_p'S_K^u \cos q_{M_{3д}}}}{\sqrt{V_K^2 + V_M^2 - 2V_KV_M \cos \alpha_1}}. \quad (5.5.19)$$

Учет циркуляции корабля для точного занятия назначенной позиции без дополнительного маневра

На рис. 5.5.8 представлены: исходные (начальные) позиции объекта маневра (уравнителя) K_0 и маневрирующего корабля M_0 ; курс K_K и скорость V_K , которыми следуют и уравнитель, и маневрирующий корабль; назначенная (заданная) относительная позиция маневрирующего корабля $M_{3д}'$ (на расстоянии $S_p = M_0M_{3д}'$ и курсовом угле $q_{M_{3д}}$ относительно исходной позиции маневрирующего корабля или по $P_{3д}$ и $D_{3д}$ относительно уравнителя).

Найдем такой угол (α_0) изменения курса (угол отворота) маневрирующего корабля, который обеспечил бы ему точное занятие назначенной позиции без дополнительного маневра.

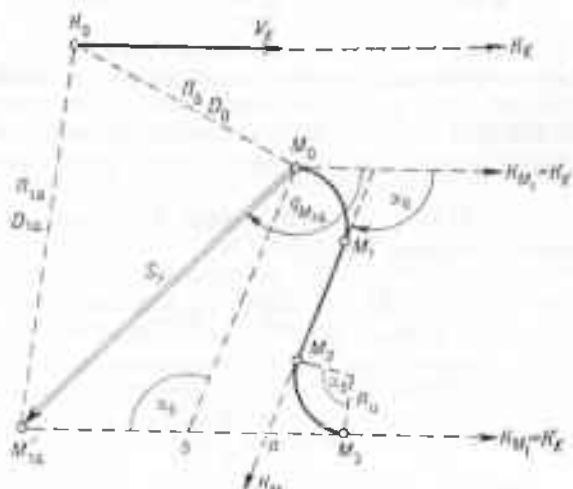


Рис. 5.5.8

Пусть за время t_{Σ} ($t_{\Sigma} = t_u + t^u + t_u$) маневрирующий корабль:
 — опишет циркуляцию радиусом R_m на угол α_0 (курс $K_{M_1} = K_K + \alpha_0$; t_u — время циркуляции на угол α_0 ; M_1 — позиция в конце поворота);

— скоростью V_M за время t^u пройдет расстояние M_1M_2 ;

— затем, описав вторую циркуляцию на угол α_0 (M_3 — позиция в конце второго поворота), выйдет на линию курса ($M'_{3a}K_K$), по которой курсом и скоростью уравнивателя (K_K и V_K) следует назначенная позиция.

Если за то же время (t_{Σ}) уравниватель, а вместе с ним и назначенная позиция, пройдет расстояние $S_K = V_K t_{\Sigma} = M'_{3a}M_3$, то назначенная относительная позиция (M'_{3a}) будет занята маневрирующим кораблем точно и без дополнительного маневра. Итак, условие точного занятия позиции:

$$M'_{3a}M_3 - V_K(t_u + t^u + t_u) = 0,$$

где $M'_{3a}M_3 = M'_{3a}b + ba + aM_3 = \frac{S_p \sin(q_{M_{3a}} - \alpha_0)}{\sin \alpha_0} + 2R_u \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2}$ — расстояние абсолютной позиции маневрирующего корабля в конце второй циркуляции (M_3) от назначенной относительной позиции (M'_{3a});

$t_u + t_u = \frac{a_0}{30 \omega_m}$ — время выполнения маневрирующим кораблем двух циркуляций на угол α_0 ;

$t^u = \frac{M_1M_2}{V_M} = \frac{M_0b - 2M_0a}{V_M} = \frac{6}{V_M} \left(\frac{S_p \sin q_{M_{3a}}}{\sin \alpha_0} - 2R_u \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2} \right)$ — время лежания маневрирующего корабля на курсе $K_{M_1} = K_K + \alpha_0$.

С учетом значений $M_{3д}, M_{3к}, t_u + t_u$ и t^u условие точного занятия назначенной позиции:

$$\frac{V_K \alpha_0}{180 \omega_u} + \frac{S_p}{\sin \alpha_0} \left[\frac{V_K}{V_M} \sin q_{M_{3д}} - \sin(q_{M_{3д}} - \alpha_0) \right] - 2R_u \left(\frac{V_K}{V_M} + 1 \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2} = 0. \quad (5.5.20)$$

В результате решения уравнения (5.5.20) получают угол отворота α_0 для расчета курса ($K_{M_3} = K_K + \alpha_0$), обеспечивающего точное занятие позиции; время лежания на этом курсе рассчитывается по формуле

$$t^u = \frac{6}{V_M} \left(\frac{S_p \sin q_{M_{3д}}}{\sin \alpha_0} - 2R_u \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2} \right). \quad (5.5.21)$$

Рекомендации по выбору способа учета циркуляции корабля при расчете маневра

Основанием для выбора способа учета циркуляции корабля может служить:

— применимость способа в зависимости от соотношения скоростей маневрирующего корабля и объекта маневра (уравнителя), а также от положения назначенной позиции относительно исходной (начальной) позиции маневрирующего корабля;

— направление и величина смещения маневрирующего корабля относительно назначенной позиции к концу второй циркуляции (методическая ошибка способа учета циркуляции);

— наличие других кораблей в районе назначенной позиции;

— трудоемкость способа учета циркуляции;

— общее время занятия позиции (с учетом времени догона и отставания).

Основными показателями оценки способа учета циркуляции являются: применимость способа в конкретной обстановке и общее время занятия позиции, которое существенно изменяется в зависимости от расстояния (S_p) и курсового угла маневрирующего корабля ($q_{M_{3д}}$) на назначенную позицию, а также от соотношения скоростей кораблей.

Общее время занятия назначенной позиции (с догоном) при учете циркуляции корабля способом Глазкова П. П. рассчитывается по формуле

$$t_s = t_1^u + 2t_u + t_2, \quad (5.5.22)$$

где $t_1^u = \frac{6}{V_M} \sqrt{S_M(S_M - 4R_u \sin \alpha)}$ — время лежания на курсе, рассчитанном с учетом циркуляции ($K_{3д}^u = K_K + \alpha + \Delta K_M^u$);

$2t_u = \frac{\alpha + \Delta K_M^u}{30 \omega_u}$ — время выполнения двух циркуляций на угол $\alpha + \Delta K_M^u$;

$t_2 = \frac{6 \Delta S_K}{V_M - V_K}$ — время догона назначенной позиции после окончания поворота маневрирующего корабля на прежний курс (K_M);

$S_u = \frac{S_p \sin q_{M_{3д}}}{\sin \alpha}$ и $\alpha = q_{M_{3д}} - \arcsin \left(\frac{V_K}{V_M} \sin q_{M_{3д}} \right)$ — абсолютное перемещение и угол отворота при выполнении маневра без учета влияния циркуляции;

$$\Delta S_K = V_K \left(\frac{\sqrt{S_M (S_M - 4R_u \sin \alpha)}}{V_M} + \frac{\alpha + \Delta K_M^u}{180\omega_u} \right) - \frac{S_p \sin(q_{M_{31}} - \alpha)}{\sin \alpha} - \text{отставание корабля от назначенной позиции.}$$

Общее время занятия назначенной позиции (с отставанием) при учете циркуляции корабля упрощенным способом рассчитывается по формуле

$$t_z = t_1^u + 2t_u + t_2, \quad (5.5.23)$$

где $t_1^u = \frac{6}{V_{M_1}} \frac{S_p \sin q_{M_{31}} - 2R_u (1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha}$ — время лежания на рассчитанном курсе ($K_{M_1} = K_K + \alpha$);

$$2t_u = \frac{6}{30\omega_u} \text{ — время выполнения двух циркуляций на угол } \alpha = q_{M_{31}} - \arcsin \left(\frac{V_K}{V_{M_1}} \sin q_{M_{31}} \right);$$

$t_2 = \frac{6\Delta S_K}{V_K - V_{M_2}}$ — время отставания в назначенную позицию после окончания поворота маневрирующего корабля на прежний курс (K_{M_2});

$$\Delta S_K = V_K \left[\frac{S_p \sin q_{M_{31}} - 2R_u (1 - \cos \alpha)}{V_M \sin \alpha} + \frac{\alpha}{180\omega_u} \right] - \frac{S_p \sin(q_{M_{31}} - \alpha) - 2R_u (1 - \cos \alpha)}{\sin \alpha} -$$

определение кораблем назначенной позиции;

V_{M_1}, V_{M_2} — скорость при лежании на рассчитанном курсе ($K_{M_1} = K_K + \alpha$) и при отставании соответственно.

Общее время занятия назначенной позиции при выполнении первого и второго поворота (двух циркуляций) в одну и ту же сторону рассчитывается по формуле

$$t_z = t^u + t_{2z}, \quad (5.5.24)$$

где t^u — время лежания на курсе ($K_{M_1} = K_K + \alpha_1$), рассчитываемое по формуле (5.5.19);

$$t_{2z} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{60\omega_u} = \frac{360^\circ}{60\omega_u} = \frac{6}{\omega_u} \text{ — время выполнения двух циркуляций на угол } \alpha_1 \text{ и } \alpha_2.$$

Общее время точного занятия назначенной позиции без дополнительного маневра рассчитывается по формуле

$$t_z = t^u + 2t_u, \quad (5.5.25)$$

где $t^u = \frac{6}{V_M} \left(\frac{S_p \sin q_{M_{31}}}{\sin \alpha_0} - 2R_u \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2} \right)$ — время лежания на курсе ($K_{M_2} = K_K + \alpha_0$);

$2t_u = \frac{6}{30\omega_u}$ — время выполнения двух циркуляций на угол α_0 ;

α_0 — угол отворота, определяемый решением уравнения (5.5.20).

На рис. 5.5.9 показаны рассчитанные по формулам (5.5.22), (5.5.23), (5.5.24) и (5.5.25) графики зависимости общего времени

занятия назначенной позиции (t_{Σ}) от курсового угла маневрирующего корабля с исходной на назначенную позицию ($q_{M_{зд}}$) при учете циркуляции корабля различными способами.

Здесь: $V_K = V_{сх} = 14$ уз; $V_M = V_{снх} = 24$ уз; $V_{M_2} = 9$ уз; $S_p = 30$ кбт; $\omega_{ц} = 1^\circ/\text{с}$; $R_{ц} = 3$ кбт; 1 — точный способ занятия позиции; 2 — упрощенный способ; 3 — способ Глазкова П. П.; 4 — способ двух циркуляций.

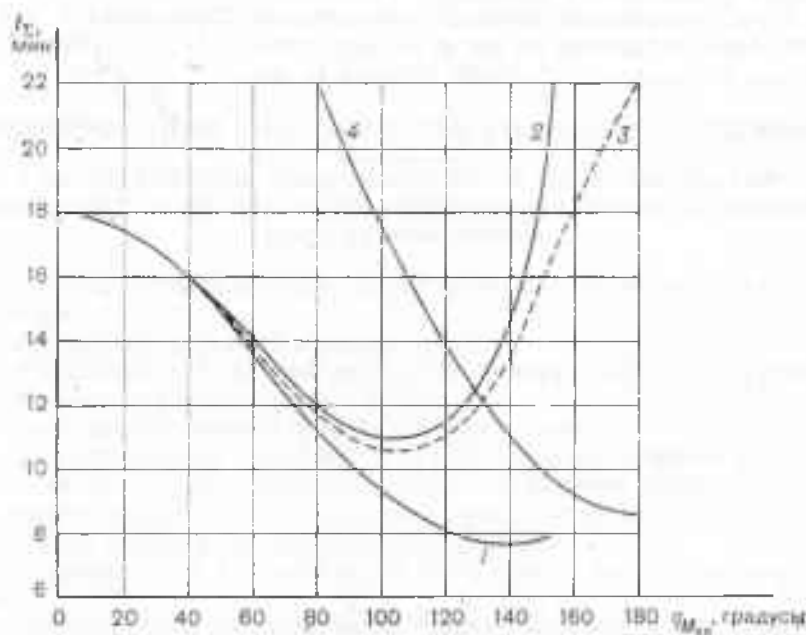


Рис. 5.5.9

Примем в качестве критерия оценки способа учета циркуляции минимум общего времени выполнения маневра ($t_{\Sigma}^{\text{мин}}$). Анализ графиков позволяет сделать выводы о целесообразности применения того или иного способа учета циркуляции в зависимости от курсового угла маневрирующего корабля на назначенную позицию ($q_{M_{зд}}$):

а) если имеется возможность (например, с помощью ЭВМ, ПМК) быстро получить решение уравнения (5.5.20), т. е. рассчитать угол отворота α_0 для точного занятия позиции, то:

— при $0^\circ < q_{M_{зд}} \leq 155^\circ$ целесообразно использовать точный способ занятия позиции;

— при $155^\circ < q_{M_{зд}} \leq 180^\circ$ целесообразно использовать способ двух циркуляций;

б) если расчет выполняется графически или по таблицам, то:

— при $0^\circ < q_{M_{зд}} \leq 130^\circ$ целесообразно использовать или способ Глазкова П. П., или упрощенный способ;

— при $130^\circ < q_{M_{зд}} \leq 180^\circ$ целесообразно использовать способ двух циркуляций.

В тех случаях (при $0^\circ < q_{м.д} \leq 130^\circ$), когда при использовании способа Глазкова П. П. и упрощенного способа общее время маневра примерно одинаково, выбирая способ учета циркуляции, необходимо для повышения безопасности маневра принять во внимание положение назначенной позиции относительно других кораблей:

— если назначенная позиция относительно ближайших к ней других кораблей находится на их курсовых углах $0^\circ \leq q_k \leq 90^\circ$, то целесообразно использовать упрощенный способ;

— если назначенная позиция относительно ближайших к ней других кораблей находится на их курсовых углах $90^\circ < q_k \leq 180^\circ$, то целесообразно использовать способ Глазкова П. П.

Глава 6

МАНЕВРИРОВАНИЕ КОРАБЛЕЙ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПЛАВАНИИ

§ 6.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МАНЕВРИРОВАНИЮ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПЛАВАНИИ. ОСОБЕННОСТИ МАНЕВРИРОВАНИЯ. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

При совместном плавании производятся следующие основные эволюции:

- построение кораблей в ордер (строй);
- перестроение кораблей из одного ордера (строя) в другой;
- изменение курса ордера (строя);
- переориентирование группы кораблей (завесы);
- маневрирование кораблей в назначенном подвижном районе (на подвижной линии) относительно уравнивателя (центра ордера);
- выравнивание (восстановление) ордера (строя).

При этом каждый маневр кораблей должен:

- производиться в кратчайший срок строго по специальным правилам;
- поддерживать установленную степень эффективности применения оружия, обороны и надежности наблюдения корабельными средствами;
- быть простым и безопасным от столкновений.

Выполнение названных требований, предъявляемых к маневру, обеспечивается:

- выбором наиболее целесообразного (с учетом поставленной задачи и условий обстановки) способа маневрирования;
- тщательной одиночной подготовкой всех кораблей к совместному плаванию;
- твердым знанием и четким выполнением правил совместного плавания кораблей всеми должностными лицами;
- уверенными навыками операторов быстро и точно производить расчеты, необходимые для выполнения маневра, и осуществлять контроль за правильностью расчетов;
- умением командиров кораблей, вахтенных офицеров и офицеров штаба, управляющих маневром корабля и соединения, контролировать правильность выполнения маневра;
- своевременной корректурой маневра каждого корабля;
- точным удержанием назначенных мест в ордере (строю) всеми кораблями.

Расчеты маневра кораблей при плавании в строю и ордере производятся по общим правилам маневрирования. Однако при этом необходимо учитывать особенности совместного плавания кораблей:

- сравнительно малые расстояния между кораблями в строю и ордере;

— значительные скорости хода, диаметры циркуляций и инерции кораблей;

— вследствие отмеченного, повышенную опасность столкновений.

Столкновение кораблей при совместном плавании приводит к тяжелым повреждениям и нередко к гибели кораблей еще до соприкосновения с противником. Поэтому требуется строгое соблюдение мер безопасности от столкновений:

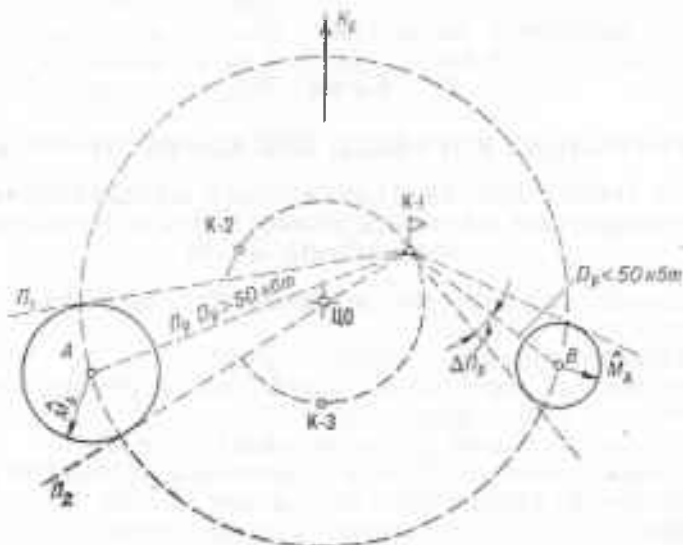


Рис. 6.1.1

— в строю и порядке корабли должны удерживать назначенные места (позиции) по заданным (рассчитанным) направлениям (пеленгу равнения P_p) и расстояниям (дистанции равнения D_p) относительно уравнивателя;

— точность удержания позиции (M_d) (рис. 6.1.1) регламентируется специальными правилами;

— при выполнении маневра запрещается сближаться с кораблями и пересекать их курс на дистанции, менее безопасной ($D_{без}$). Если при выполнении маневра одним курсом эту меру безопасности от столкновений соблюсти не удастся, то маневр должен быть выполнен несколькими курсами (рис. 6.1.2, курсы K_{M_1} , K_{M_2} , K_{M_3} , относительные курсы K_{r_1} , K_{r_2} , K_{r_3});

— для повышения точности и сокращения времени производства графических расчетов маневра надлежит пользоваться маневренным планшетом, при этом в начале полярной системы координат целесообразно помещать центр порядка (ЦО) (уравнитель строя);

— для повышения точности и обеспечения безопасности выполнения маневра необходимо все расчеты производить с учетом инерции корабля и тактического диаметра циркуляции соединения.

Основой для назначения скорости хода при выполнении маневра является эскадренная (назначенная) скорость хода соединения (группы) кораблей. Она устанавливается командиром соединения (группы) кораблей исходя из требований поставленной задачи, технических возможностей кораблей, тактической обстановки, навига-

ционных, гидрометеорологических и других условий в районе плавания. Остальные скорости хода являются производными от эскадренной:

— самый полный ход ($V_{снх}$) — на $4 \div 6$ уз больше эскадренного хода;

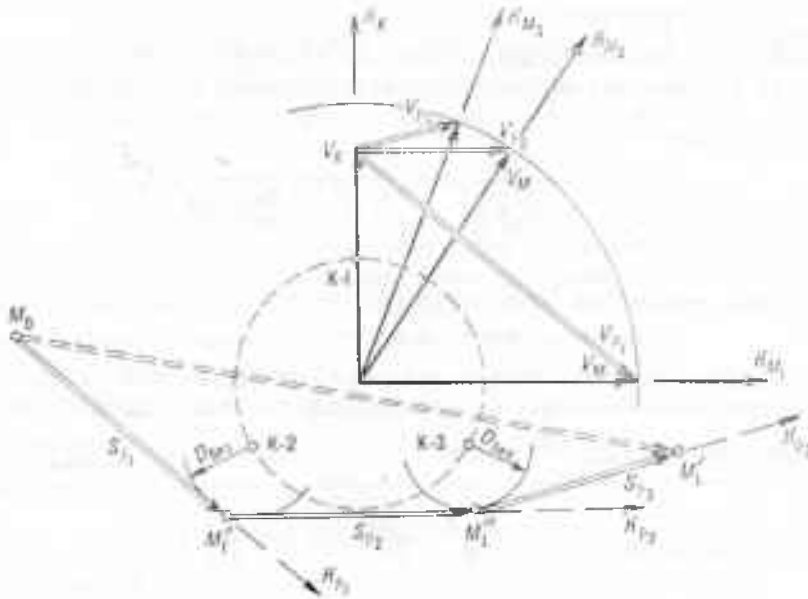


Рис. 6.1.2

- полный ход ($V_{пх}$) — эскадренный ход;
- средний ход ($V_{сх}$) — три четверти от эскадренного хода;
- малый ход ($V_{мх}$) — половина эскадренного хода.

Самый малый ход ($V_{смх}$) — это наименьший ход, при котором корабль способен удерживаться на назначенном курсе; скорость самого малого хода даже для одного и того же корабля в различных гидрометеорологических условиях и при различных курсовых углах бега волны и направления ветра не является постоянной и учет ее в расчетах маневра соединения становится затруднительным. Поэтому при выполнении эволюций ступень «самый малый ход», как правило, не используется.

§ 6.2. ТОЧНОСТЬ УДЕРЖАНИЯ НАЗНАЧЕННОЙ КОРАБЛЮ ПОЗИЦИИ

При совместном плавании кораблей точность удержания ими назначенных позиций зависит:

- от точности измерения элементов позиции (Π_i и D_i) на корабль-уравнитель;
- от точности работы курсоуказателей и измерителей скорости корабля и корабля-уравнителя;
- от точности удержания кораблей на назначенном курсе, а также от точности удержания назначенной скорости хода.

Точность определения относительных координат (элементов позиции) корабля по уравнителю характеризуется предельной погрешностью

\hat{M}_0 в кбт

$$\hat{M}_0 = K_{p_2} \sqrt{\left(\frac{m_{\Pi} D}{57,3^\circ}\right)^2 + m_D^2}, \quad (6.2.1)$$

где m_n , m_D — средние квадратические погрешности измерения пеленга и дистанции соответственно;

K_{p_2} — коэффициент для перехода от радиальной средней квадратической погрешности к погрешности с заданной вероятностью P .

Точность удержания уравнителем своего места относительно центра ордера за промежуток времени t характеризуется предельной погрешностью \widehat{M}_K в кбт

$$\widehat{M}_K = K_{p_2} V_K t \sqrt{\left(\frac{m_{K_2}}{57,3}\right)^2 + \left(\frac{m_{V_K}}{V_K}\right)^2}, \quad (6.2.2)$$

где m_{K_2} , m_{V_K} — средние квадратические погрешности курсоуказания и скорости хода уравнителя соответственно.

По аналогии точность удержания кораблем охранения своего места относительно центра ордера за промежуток времени t характеризуется предельной погрешностью \widehat{M}_M в кбт

$$\widehat{M}_M = K_{p_2} V_M t \sqrt{\left(\frac{m_{K_M}}{57,3}\right)^2 + \left(\frac{m_{V_M}}{V_M}\right)^2}. \quad (6.2.3)$$

Предельная погрешность места корабля охранения относительно уравнителя ордера через промежуток времени t после измерения P_i и D_i на уравнитель составит:

$$\widehat{M}_{n \dots i} = K_{p_2} \sqrt{M_{P_i}^2 + M_{D_i}^2 + M_{V_i}^2}. \quad (6.2.4)$$

Если все корабли ордера имеют и курсоуказатели, и измерители скорости хода с одинаковыми точностными характеристиками ($m_{K_K} = m_{K_M} = m_K$; $m_{V_K} = m_{V_M} = m_V$), то при $V_K = V_M = V$ с учетом формул (6.2.1) ÷ (6.2.4) за промежуток времени t накапливается предельная погрешность \widehat{M}_2 удержания кораблями охранения своего места относительно центра ордера

$$\widehat{M}_2 = K_{p_2} \sqrt{2 \left[\left(\frac{m_K V t}{57,3} \right)^2 + (m_V t)^2 \right] + \left(\frac{m_n D}{57,3} \right)^2 + m_D^2}. \quad (6.2.5)$$

Для навигационных РЛС, гирокомпасов и лагов значения средних квадратических погрешностей измерения параметров приведены в табл. 6.2.1.

Если, например, движители всех кораблей будут работать в течение $t = 15$ мин в одном режиме ($V_K = V_M = V = 18$ уз), то с учетом погрешностей, приведенных в табл. 6.2.1, предельные погрешности ($P = 0,99$) в месте корабля охранения относительно центра ордера составят (формула 6.2.5):

для дистанции равнения $D_p = 50$ кбт $\widehat{M}_2 = 3,2$ кбт;

для дистанции равнения $D_p = 80$ кбт $\widehat{M}_2 = 4,6$ кбт.

Можно рекомендовать:

а) допустимую погрешность (M_d) в удержании места (пределы изменения дистанции равнения) для кораблей, которым назначены позиции:

- на дистанции $D_p \leq 50$ кбт от уравнителя, $M_d = \Delta D_p = 3$ кбт;
 - на дистанции $50 \text{ кбт} < D_p \leq 80$ кбт, $M_d = \Delta D_p = 5$ кбт;
- б) пределы изменения пеленга равнения (Π_p)

$$\Delta \Pi_p = \arcsin \frac{M_d}{D_p}.$$

Приведенные допустимые погрешности в удержании назначенного места корабля в ордере позволяют (при контроле за местом с использованием навигационной РЛС) изменять курс и скорость корабля для корректуры места не чаще чем через 15 мин.

Таблица 6.2.1

Измеряемый параметр	K	V	Π	$D=50$ кбт	$D=80$ кбт
Средняя квадратическая погрешность измерения параметра	$m_K=0,5^\circ$	$m_V=0,008V$	$m_\Pi=1^\circ$	$m_D=0,5$ кбт	$m_D=0,8$ кбт

§ 6.3. КОНТРОЛЬ И УДЕРЖАНИЕ МЕСТА КОРАБЛЯ ПРИ СОВМЕСТНОМ ПЛАВАНИИ

На каждом корабле наносят на планшет место уравнителя относительно центра ордера и назначенную кораблю позицию (место) в ордере. Вокруг назначенной позиции M_0 (рис. 6.3.1) радиусом, равным

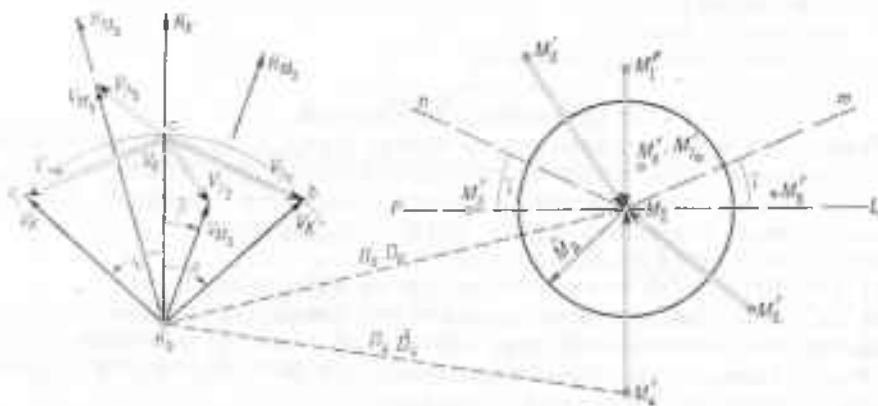


Рис. 6.3.1

допустимой погрешности M_d удержания места в ордере, проводят окружность, а затем место корабля контролируется по измеренным (текущим) пеленгам (Π_i) и дистанциям (D_i). Если при этом:

— относительные позиции корабля M'_7 , M'_8 ложатся в пределах проведенной окружности — корабль может следовать прежним курсом и скоростью;

— относительные позиции $M'_1 \div M'_6$ вышли за пределы окружности — необходимо изменением курса или скорости (или и курса, и скорости одновременно) добиться смещения относительной позиции корабля в пределы окружности радиусом M_d .

Выбрав для занятия заданной позиции максимальный угол отворота α от генерального курса (треугольники скоростей K_0ab и K_0ac), проводят из заданной позиции M_0 линии M_0m и M_0n , параллельные векторам относительных скоростей \vec{V}_{em} и \vec{V}_{en} . Через позицию M_0 , кроме того, проводят линию PL , перпендикулярную линии курса ордера (K_0K_K).

Если фактическая позиция корабля M'_6 окажется в пределах секторов γ , образованных линиями M_0m , M_0n и PL , то маневр для возвращения на назначенное место выполняют изменением курса корабля.

Если фактическая позиция корабля M'_2 лежит выше ломаной линии mM_0n , то маневр для занятия назначенного места выполняют уменьшением хода и изменением курса в сторону назначенной позиции M_0 . При выбранном угле изменения курса β рассчитывают величину скорости корабля охранения V_{M_0} .

Если фактическая позиция корабля M'_1 или M'_4 и назначенная M_0 окажутся на линии, параллельной линии курса уравнивателя, то маневр для возвращения на назначенное место выполняют изменением скорости хода корабля.

Если фактическая позиция корабля M'_3 лежит на линии PL или ниже нее (позиция M'_5), то для занятия назначенной позиции необходимо изменить курс и увеличить скорость хода.

§ 6.4. МАНЕВРИРОВАНИЕ КОРАБЛЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КУРСА СТРОЯ

Для изменения курса строя могут применяться следующие способы выполнения маневра:

- поисковый поворот;
- двойной поисковый поворот;
- поворот способом захождения;
- поворот способом кратчайших расстояний.

Поисковый поворот применяется только в строю фронта. Маневр выполняется всеми кораблями на скорости эскадренного (полного) хода. Уравнителем на время маневра строя становится внешний (относительно стороны изменения курса) фланговый корабль.

По исполнительному сигналу:

а) **УРАВНИТЕЛЬ** начинает поворот на назначенный курс;

б) **ОСТАЛЬНЫЕ** корабли продолжают следовать прежним курсом, а поворот на назначенный курс начинают с таким расчетом, чтобы к моменту завершения циркуляции оказаться на новом курсе в строю фронта на прежнем расстоянии от уравнивателя.

Маневр строя считается законченным тогда, когда все корабли на новом курсе займут свои места в строю.

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис. 6.4.1). С получением предварительного сигнала об изменении курса строя для каждого корабля, кроме уравнивателя, рассчитывается время следования прежним (старым) курсом K_K от момента получения исполнительного

сигнала до момента начала поворота корабля на назначенный курс K_K . Для этого через позицию уравнивателя A_0 под углом $0,5\alpha$ к линии старого курса ($\alpha = K_{K_0} - K_{K_1}$ — угол изменения курса строя) проводится линия поворотов (лп) и измеряется расстояние (S_{M_i}), которое необходимо пройти i -му кораблю до линии поворотов. Время следования i -го корабля (t_i) старым курсом (K_{K_1}) до линии поворотов скоростью полного хода ($V_{пх}$) равно

$$t_i = \frac{S_{M_i}}{V_{пх}} \quad (6.4.1)$$

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Время следования (t_i) каждого корабля до линии поворотов определяется расстоянием от уравнивателя, которое зависит от расстояния между кораблями в строю (D) и порядкового номера корабля (N_i). Счет номеров начинается с уравнивателя (N_i уравни.=1).

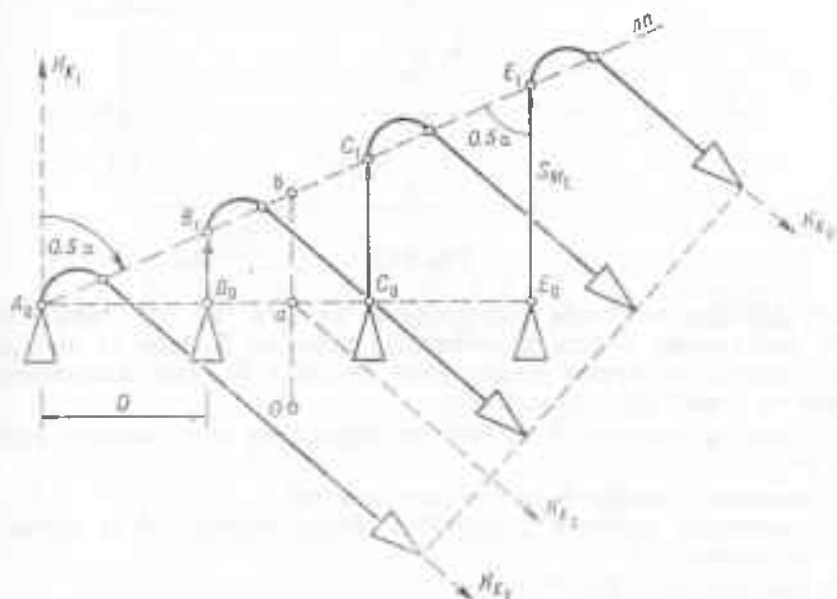


Рис. 6.4.1

Из прямоугольных треугольников $A_0B_1B_0$, $A_0C_1C_0$, $A_0E_1E_0$ (рис. 6.4.1) следует

$$t_i = \frac{S_{M_i}}{V_{пх}} = \frac{6D(N_i - 1) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{V_{пх}} \quad (6.4.2)$$

Время изменения курса (время поворота) строя t_n зависит от времени маневра внутреннего флангового корабля E и определяется временем окончания его поворота на назначенный курс

$$t_n = \frac{6D(n - 1) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{V_{пх}} + \frac{\pi}{60\omega_{пл}} \quad (6.4.3)$$

где n — количество кораблей в строю.

Контроль за правильностью момента начала поворота корабля на назначенный курс производится по времени, рассчитанному по формулам (6.4.1) и (6.4.2), а также измерением пеленга на соседний в строю

корабль, уже выполнивший поворот на назначенный курс. Если пренебречь влиянием циркуляции на изменение пеленга, то поворотный пеленг (P_n) на соседний в строю корабль должен быть равен пеленгу на уравниль строю на новом курсе ($P_n = P_{ур}$).

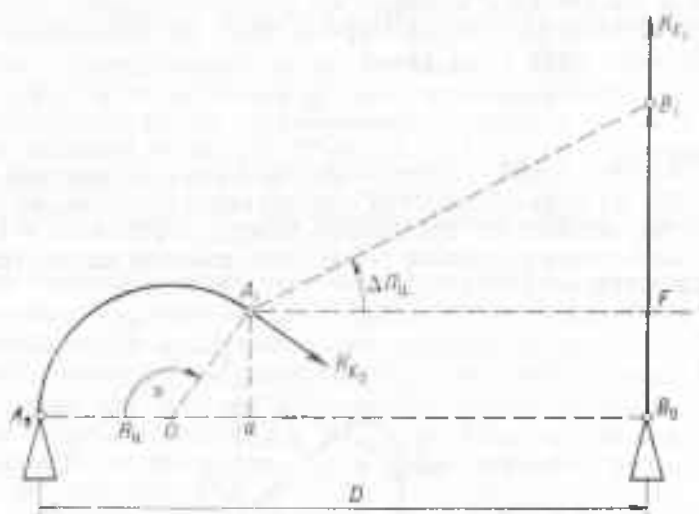


Рис. 6.4.2

Для расчета поправки поворотного пеленга за счет циркуляции (ΔP_n) необходимо учесть перемещение корабля B , еще не выполнившего поворот, за время циркуляции корабля A , уже выполнившего поворот на новый курс (рис. 6.4.2):

A_1 — позиция корабля A на момент окончания его поворота на курс

B_1 — позиция корабля B на тот же момент;

ΔP_n — изменение пеленга с корабля B на корабль A за время его поворота.

Из треугольника A_1B_1F

$$\Delta P_n = \text{arctg} \frac{B_1F}{A_1F} \quad (6.6.4)$$

$$B_1F = B_0B_1 - B_0F = B_0B_1 - A_1a = V_{пк}t_n - R_n \sin(180^\circ - \alpha);$$

$$A_1F = A_0B_0 - A_0a = D - R_n(1 - \cos \alpha).$$

Подставив значения A_1F и B_1F в формулу (6.4.4), получим

$$\Delta P_n = \text{arctg} \frac{\frac{V_{пк}^2}{300\omega_n} - R_n \sin \alpha}{D - R_n(1 - \cos \alpha)}, \quad (6.4.5)$$

где знаки P_n и α одноименны.

Поворотный пеленг $P_n = P_{ур} + \Delta P_n$.

По формуле (6.4.5) для различных значений D , R_n , $V_{пк}$, ω_n строятся графики зависимости ΔP_n от угла изменения курса строя (α) (рис. 6.4.3). Учет такой поправки ясен из рис. 6.4.4.

Применение поискового поворота целесообразно при углах изменения курса строя $\alpha > 90^\circ$. При углах $\alpha < 90^\circ$ каждый корабль пересекает впереди по носу курс соседнего корабля, уже выполнившего

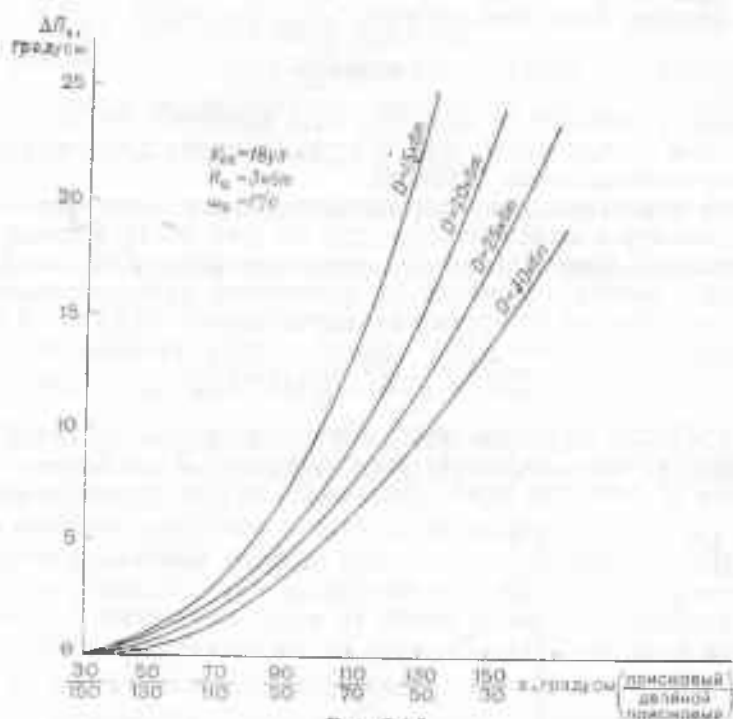


Рис. 6.4.3

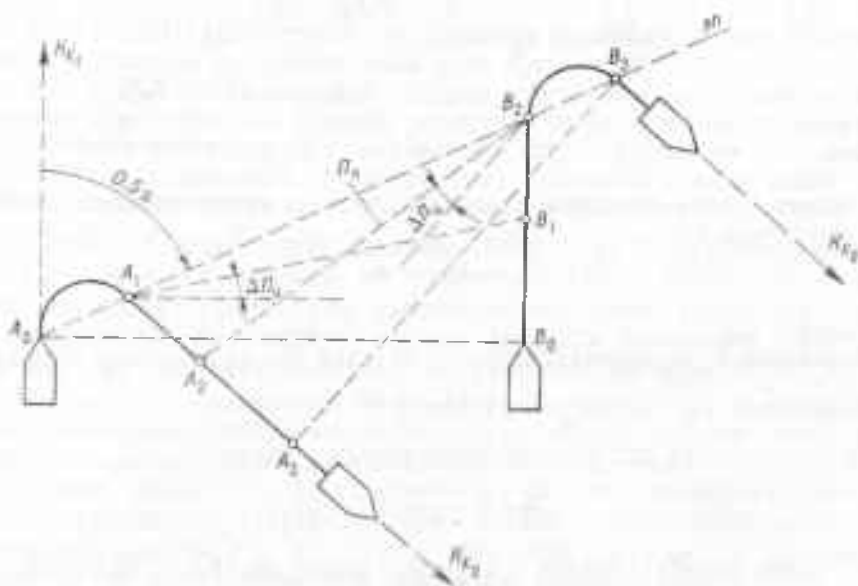


Рис. 6.4.4

поворот. Чтобы обеспечить пересечение курса в расстоянии не менее безопасного $D_{без}$ (сделать маневр безопасным), углы изменения курса строя не должны быть меньше углов α_{min} , рассчитанных по формуле

$$\alpha_{min} = 2 \operatorname{arctg} \frac{D_{без}}{D}.$$

Угол α_{min} не зависит от скорости хода кораблей; он зависит лишь от расстояния между кораблями в строю и принятой безопасной дистанции пересечения курса кораблей.

В результате маневра кораблей середина строя смещается в направлении старого курса на величину отрезка ab (рис. 6.4.1). Поэтому, чтобы выйти серединой строя на линию намеченного курса aK_{K_2} , необходимо маневр строя начать, не доходя до намеченной предварительной прокладкой точки начала поворота на расстояние

$$Oa = ab = 0,5D(n-1) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}. \quad (6.4.6)$$

Если требуется изменить курс строя так, чтобы серединой строя пройти через точку c , находящуюся по пеленгу $\Pi_{эд} = K_{K_1} + \alpha$ на расстоянии $D_{эд}$ от середины строя (рис. 6.4.5), то при расчете нового курса

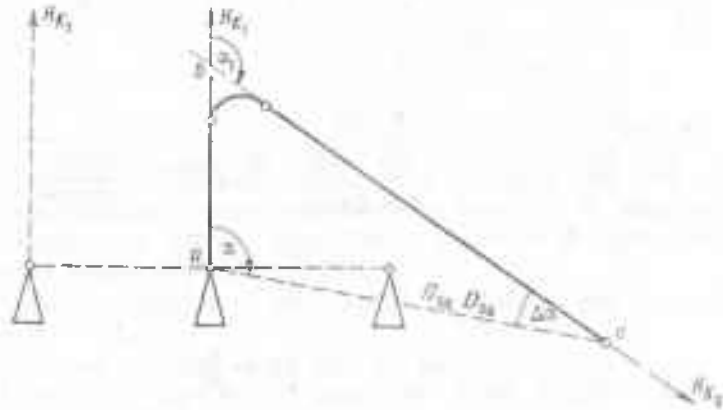


Рис. 6.4.5

K_{K_2} следует учесть смещение середины строя за время маневра кораблей и назначить курс

$$K_{K_2} = K_{K_1} + \alpha_1,$$

где $\alpha_1 = \alpha + \Delta\alpha$,

т. е. назначить курс, отличающийся от пеленга $\Pi_{эд}$ на величину угла $\Delta\alpha$:

$$K_{K_2} = \Pi_{эд} + \Delta\alpha.$$

Из треугольника abc на основании теоремы синусов

$$\frac{ab}{\sin \Delta\alpha} = \frac{D_{эд}}{\sin(\alpha + \Delta\alpha)},$$

откуда после преобразований и с учетом формулы (6.4.6) получим:

$$\Delta\alpha = 2 \operatorname{arctg} \frac{\sin \alpha + \frac{D(n-1)}{D_{эд}}}{\cos \alpha + \sqrt{1 + \frac{D(n-1)}{D_{эд}} \sin \alpha}}.$$

С учетом требований, предъявляемых к маневрированию кораблей при совместном плавании (см. § 6.1), оценим рассмотренный способ изменения курса строя.

Достоинства поискового поворота:

— с увеличением угла изменения курса строя (α) время маневра (t_n) уменьшается (время маневра зависит от $\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$, следовательно, при $\alpha \rightarrow 180^\circ \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \rightarrow 0$, а $t_n \rightarrow t_n < \frac{180^\circ}{60v_{\text{пл}}}$);

— маневр строя выполняется без изменения скорости хода кораблей;

— простота расчетов маневра и контроля за правильностью выполнения его.

Недостатки поискового поворота:

— с уменьшением угла изменения курса строя (α) время маневра (t_n) возрастает (при $\alpha \rightarrow 0 \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \rightarrow \infty$ и $t_n \rightarrow \infty$);

— при углах поворота $\alpha < 90^\circ$ курсы кораблей пересекаются;

— в результате маневра кораблей середина строя смещается с намеченной линии курса;

— с каждым поворотом фланги строя меняются.

Двойной поисковый поворот применяется только в строю фронта. Маневр выполняется всеми кораблями на скорости эскадренного (полного) хода. Уравнителем строя на время маневра становится внешний (относительно стороны изменения курса строя) фланговый корабль.

По исполнительному сигналу:

а) **ВСЕ КОРАБЛИ** способом „все вдруг“ поворачивают на обратный курс ($K_{K_i} = K_K \pm 180^\circ$). При этом сторона поворота кораблей на обратный курс противоположна стороне, намеченной для изменения курса строя;

б) **УРАВНИТЕЛЬ** строя, не прерывая циркуляцию, продолжает поворот и ложится на назначенный курс K_{K_i} ;

в) **ОСТАЛЬНЫЕ** корабли следуют курсом K_K , и поворот на назначенный курс начинают с таким расчетом, чтобы к моменту завершения циркуляции оказаться на новом курсе в строю фронта на прежнем расстоянии от уравнителя. Маневр строя считается законченным тогда, когда все корабли на новом курсе займут свои места в строю.

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис. 6.4.6). С получением предварительного сигнала об изменении курса строя для каждого корабля, кроме уравнителя, рассчитывается время следования курсом K_{K_i} обратным первоначальному, от момента окончания циркуляции на 180° до момента поворота на назначенный курс K_{K_i} . Для этого через позицию уравнителя A_1 (позиция окончания им циркуляции на 180°) проводится линия поворотов. Угол между линией строя и линией поворотов равен $0,5 \alpha$ (между линией старого курса K_K и линией поворотов равен $90^\circ + 0,5 \alpha$), считая в сторону изменения курса строя. Затем измеряется расстояние S_{M_i} , которое необходимо пройти i -му кораблю курсом K_{K_i} до линии поворотов. Время следования i -го корабля до линии поворотов скоростью полного хода

$$t_i = \frac{S_{M_i}}{V_{\text{пл}}} \quad (6.4.7)$$

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Время следования каждого корабля на курсе, обратном первоначальному (старому) до линии поворотов, определяется расстоянием до уравнивателя, которое зависит от

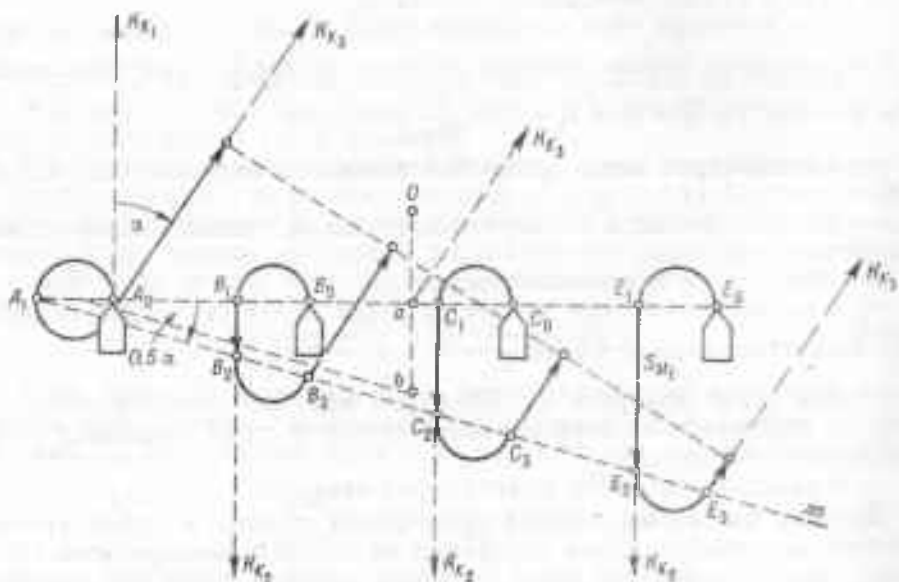


Рис. 6.4.6

расстояния между кораблями в строю (D) и порядкового номера корабля (N_{i1} , $N_{уравнив}=1$). Из прямоугольных треугольников $A_1B_1B_2$, $A_1C_1C_2$, $A_1E_1E_2$ (рис. 6.4.6) следует

$$t_i = \frac{S_{M_i}}{V_{M_{max}}} = \frac{6D(N_{i1} - 1) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{V_{max}} \quad (6.4.8)$$

Время изменения курса (время поворота) строя (t_n) зависит от времени маневра внутреннего флангового корабля E и определяется временем окончания его поворота на назначенный курс

$$t_n = \frac{6D(n-1) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{V_{пк}} + \frac{360^\circ - \alpha}{60\omega_{ц}} \quad (6.4.9)$$

Контроль за правильностью момента начала поворота корабля на назначенный курс производится, как и при поисковом повороте, по времени, рассчитанному по формулам (6.4.7) и (6.4.8), а также измерением пеленга на соседний корабль, уже выполнивший поворот на назначенный курс.

Расчет поправки пеленга $\Delta\Pi_{ц}$ за счет циркуляции (рис. 6.4.7) может быть выполнен по формуле (6.4.5), если в нее вместо α подставить значение $180^\circ - \alpha$. После подстановки получим

$$\Delta\Pi_{ц} = \operatorname{arctg} \frac{V_{пк}(180^\circ - \alpha) - R_{ц} \sin \alpha}{D - R_{ц}(1 + \cos \alpha)} \quad (6.4.10)$$

По формулам (6.4.5) и (6.4.10) построены единые для поискового и двойного поискового поворотов графики для нахождения $\Delta\Pi_{ц}$ (рис. 6.4.3).

В результате маневра кораблей середина строя смещается в направлении, противоположном старому курсу K_K , на величину отрезка ab (рис. 6.4.6). Поэтому, чтобы выйти серединой строя на линию намечен-

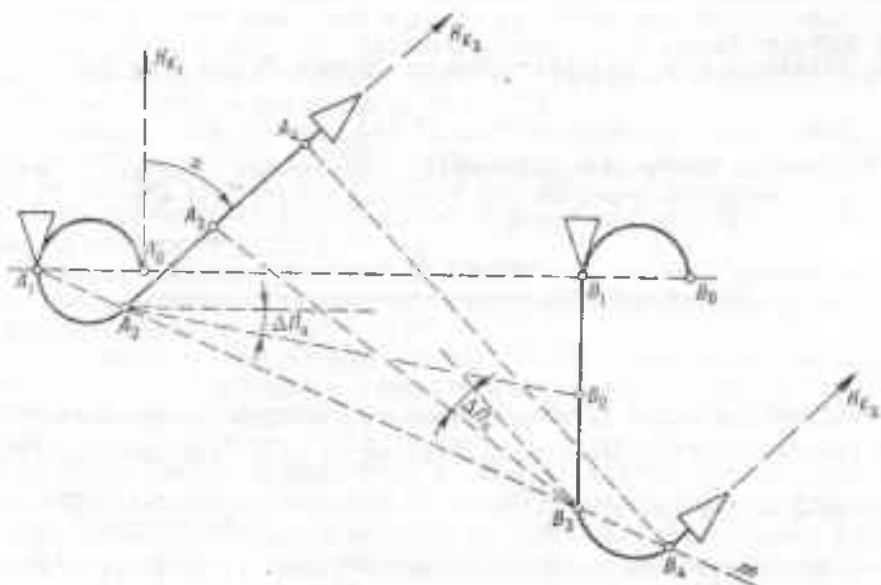


Рис. 6.4.7

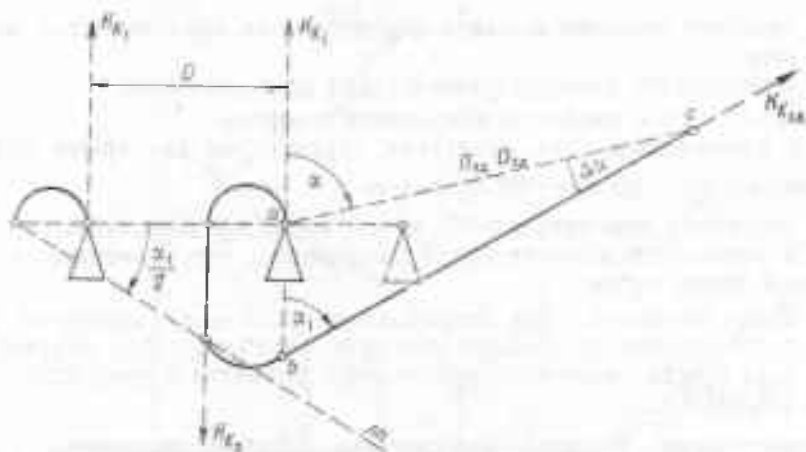


Рис. 6.4.8

ного курса aK_K , маневр строя необходимо начать позже, когда середина строя отойдет от точки начала поворота (a), намеченной предварительной прокладкой, на расстояние

$$aO = ab = [0,5D(n-1) + R_{\sigma}] \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (6.4.11)$$

Если требуется изменить курс строя так, чтобы серединой строя пройти через точку c , находящуюся по пеленгу $\Pi_{зд} = K_K + \alpha$ на расстоянии $D_{зд}$ от середины строя, то при расчете нового курса $K_{K_{зд}}$

следует учесть смещение середины строя за время маневра кораблей и назначить курс (рис. 6.4.8)

$$K_{K_{зд}} = K_{K_1} + \alpha_1,$$

где $\alpha_1 = \alpha - \Delta\alpha$,

т. е. назначить курс, отличающийся от пеленга $\Pi_{зд}$ на угол $\Delta\alpha$:

$$K_{K_{зд}} = \Pi_{зд} - \Delta\alpha.$$

Рассуждая как и при рассмотрении поискового поворота, с учетом смещения середины строя ab (см. формулу 6.4.11), получим

$$\Delta\alpha = \alpha - 2 \operatorname{arctg} \frac{-\cos \alpha + \sqrt{1 + \frac{D(n-1)}{D_{зд}} \sin \alpha}}{\sin \alpha + \frac{D(n-1)}{D_{зд}}}.$$

Достоинства двойного поискового поворота:

— с уменьшением угла изменения курса строя (α) время маневра (t_n) уменьшается (время маневра зависит от $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, следовательно, при $\alpha \rightarrow 0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \rightarrow 0$, а $t_n \rightarrow t_{ц} < \frac{360^\circ}{60\omega_{ц}}$);

— при выполнении поворота на малые углы ($\alpha < 90^\circ$) курсы кораблей не пересекаются;

— маневр строя выполняется без изменения скорости хода кораблей;

— простота расчетов маневра и контроля за правильностью выполнения его;

— в результате маневра фланги строя не изменяются.

Недостатки двойного поискового поворота:

— с увеличением угла изменения курса строя (α) время маневра (t_n) возрастает (при $\alpha \rightarrow 180^\circ \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \rightarrow \infty$ и $t_n \rightarrow \infty$);

— при углах поворота $\alpha > 90^\circ$ курсы кораблей пересекаются;

— в результате маневра кораблей середина строя смещается с наченной линии курса;

— из-за большого угла циркуляции ($360^\circ - \alpha$) требуется тщательное соблюдение одинаковой для всех кораблей строя угловой скорости ($\omega_{ц}$) и установленного тактического диаметра циркуляции соединения ($D_{ц} = 2R_{ц}$).

Примечание. В случае маневрирования кораблей, построенных в строй фронта, на зигзаге (когда фактически маневрирование кораблей на каждом частном курсе осуществляется в строю пеленга) перед изменением курса строя способами поискового и двойного поискового поворотов корабли должны быть предварительно перестроены в строй фронта. Перестроение из строя пеленга в строй фронта выполняется поворотом «все вдруг» на курс, отличающийся от пеленга строя на 90° .

Поворот способом захождения применяется для изменения курса в простом и сложном строях.

Для простоты изложения организации выполнения и расчета маневра вначале рассмотрим изменение курса способом захождения в строю фронта.

Маневр выполняется с изменением скорости хода кораблей. Уравнителем строя на время маневра становится внутренний фланговый корабль.

По исполнительному сигналу:

а) УРАВНИТЕЛЬ начинает поворот на назначенный курс и с окончанием поворота дает малый ход;

б) ОСТАЛЬНЫЕ корабли, продолжая следовать прежним курсом, изменяют скорость хода: все внешние (относительно стороны поворота) корабли, считая от середины строя, дают самый полный ход; средний корабль — полный ход; внутренние корабли, кроме уравниателя строя, — средний ход;

— поворот каждого корабля на назначенный курс начинается с таким расчетом, чтобы к моменту завершения циркуляции позиция, которую необходимо занять (на прежнем расстоянии и курсовом угле относительно уравниателя), оказалась бы от корабля точно по пеленгу, равному новому курсу;

— после поворота корабля на новый курс позиция занимает за счет преимущества в скорости хода корабля по отношению к скорости хода уравниателя строя;

— с занятием позиции каждый корабль самостоятельно дает малый ход.

Маневр строя считается законченным тогда, когда все корабли на новом курсе займут свои места в строю. С этого момента все корабли строя будут следовать скоростью малого хода. Последующее увеличение скорости хода производится по дополнительному сигналу флагмана.

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис. 6.4.9). С получением предварительного сигнала об изменении курса на каждом корабле,

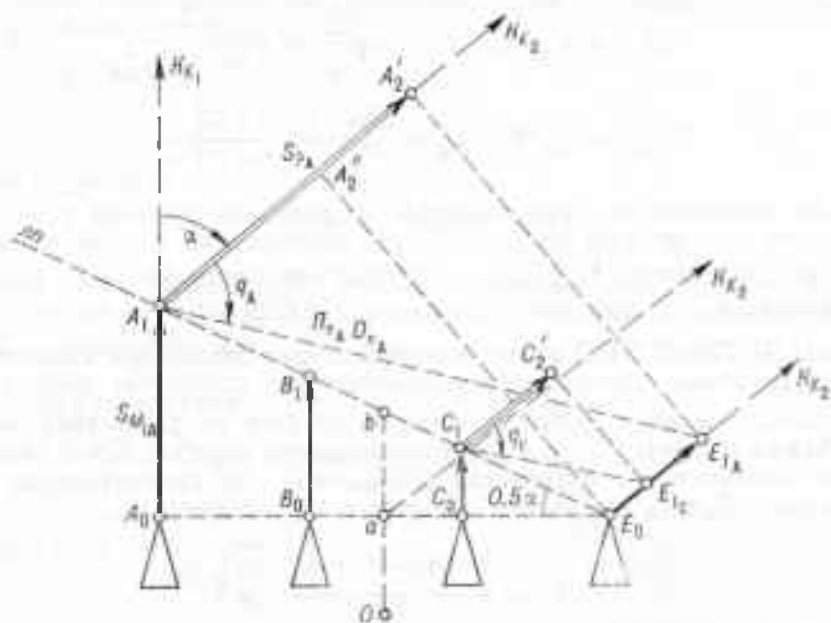


Рис. 6.4.9

кроме уравниателя строя, рассчитываются: время (t_{1i}) следования старым курсом от момента получения исполнительного сигнала до момента начала поворота на назначенный курс, а также время (t_{2i}) от момента окончания поворота на назначенный курс до момента дачи скорости малого хода с занятием позиции относительно уравниателя. Для этого через позицию уравниателя E_0 под углом $0,5 \alpha$ к линии строя ($90^\circ - 0,5 \alpha$ к линии старого курса) проводится линия

поворотов и измеряется расстояние (S_{M_i}), которое необходимо пройти i -му кораблю до линии поворотов. Время следования до линии поворотов соответствующей скоростью хода (V_{M_i}) для i -го корабля:

$$t_{1i} = \frac{S_{M_i}}{V_{M_i}}; \quad (6.4.12)$$

для кораблей A , B и C :

$$t_{1A} = \frac{A_0A_1}{V_{спх}}; \quad t_{1B} = \frac{B_0B_1}{V_{спх}}; \quad t_{1C} = \frac{C_0C_1}{V_{спх}}.$$

(На рис. 6.4.9 дальнейший графический расчет маневра показан для кораблей A и C).

Учтя перемещения уравнивателя строя ($E_0E_t = V_{мх}t_{1i}$), рассчитывают время лежания i -го корабля на новом курсе (t_{2i}) до занятия своей позиции (на прежнем курсовом угле и на прежней дистанции относительно уравнивателя) через элементы относительного движения. Для i -го корабля:

$$t_{2i} = \frac{S_{pi}}{V_{M_i} - V_{мх}}, \quad (6.4.13)$$

для кораблей A и C :

$$E_0E_{1A} = V_{мх} \cdot t_{1A}; \quad t_{2A} = \frac{S_{pA}}{V_{pA}} = \frac{A_1A_2}{V_{спх} - V_{мх}}; \quad (6.4.14)$$

$$E_0E_{1C} = V_{мх} \cdot t_{1C}; \quad t_{2C} = \frac{S_{pC}}{V_{pC}} = \frac{C_1C_2}{V_{спх} - V_{мх}}. \quad (6.4.15)$$

Для контроля за правильностью выполнения маневра с чертежа снимаются поворотные пеленги: $П_{пA}$ — направление с позиции A_1 на позицию уравнивателя E_{1A} ; $П_{пC}$ — направление с позиции C_1 на позицию уравнивателя E_{1C} и дистанции: $D_{пA} = A_1E_{1A}$; $D_{пC} = C_1E_{1C}$.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Время следования каждого корабля до линии поворотов определяется его скоростью хода (V_{M_i}) и расстоянием до уравнивателя, которое зависит от расстояния между кораблями в строю (D) и порядкового номера корабля (N_i); счет номеров начинается с уравнивателя ($N_{уравн} = 1$). Из прямоугольных треугольников $E_0A_1A_0$, $E_0B_1B_0$, $E_0C_1C_0$ (рис. 6.4.9) следует

$$t_{1i} = \frac{6D(N_i - 1) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{V_{M_i}}. \quad (6.4.16)$$

Расчет времени лежания на новом курсе до занятия своей позиции покажем вначале для корабля A . Из рис. 6.4.9 видно, что

$$t_{2A} = \frac{S_{pA}}{V_{спх} - V_{мх}} = \frac{A_1A_2}{V_{спх} - V_{мх}} = \frac{A_1A_2 + A_2A_2}{V_{спх} - V_{мх}},$$

где $A_1A_2 = A_0A_1 = D(N_A - 1)$;
 $A_2A_2 = E_0E_{1A} = V_{мх}t_{1A}$.

Тогда с учетом формулы (6.4.16) время лежания корабля A на новом курсе до занятия своей позиции

$$t_{2A} = \frac{6D(N_A - 1)(V_{спх} + V_{мх}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{V_{спх}(V_{спх} - V_{мх})}. \quad (6.4.17)$$

Аналогично время лежания на новом курсе для i -го корабля

$$t_{2i} = \frac{6D(N_i - 1)(V_{M_i} + V_{мх}) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{V_{M_i}(V_{M_i} - V_{мх})}. \quad (6.4.18)$$

Время изменения курса (время поворота) строя зависит от времени маневра внешнего флангового корабля A и определяется временем занятия им своего места в строю на новом курсе ($t_{п} = t_{1A} + t_{п} + t_{2A}$). С учетом формул (6.4.16) и (6.4.17) после преобразований получим

$$t_{п} = \frac{12D(N-1) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{V_{спх} - V_{мх}} + \frac{\alpha}{60 \operatorname{сек}}. \quad (6.4.19)$$

Контроль за правильностью момента начала поворота корабля производится по времени, рассчитанному по формулам (6.4.12) и (6.4.16), а также измерением пеленга и дистанции до уравнивателя строя:

— поворотный пеленг на уравнитель строя в момент начала поворота на новый курс (рис. 6.4.9):

для корабля A

$$\Pi_{пA} = K_{K_i} \pm (\alpha + q_A);$$

для корабля C

$$\Pi_{пC} = K_{K_i} \pm (\alpha + q_C),$$

где знак плюс при повороте вправо, знак минус при повороте влево; — поворотные дистанции для кораблей A и C равны отрезкам A_1E_{1A} и C_1E_{1C} соответственно;

— для i -го корабля

$$\Pi_{пi} = K_{K_i} \pm (\alpha + q_i).$$

где $q_i = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{1 + 0,5 \frac{V_{мх}}{V_{M_i}}}$;

$$D_{пi} = D(N_i - 1) \sqrt{1 + \left(1 + 0,5 \frac{V_{мх}}{V_{M_i}}\right)^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}.$$

Следует заметить, что q_i , а следовательно, и $\Pi_{пi}$, не зависят от количества кораблей в строю и элементов строя, но зависят только от соотношения скоростей хода уравнивателя и маневрирующих кораблей $\left(\frac{0,5 V_{мх}}{V_{M_i}}\right)$ и от угла изменения курса строя ($\alpha = K_{K_2} - K_{K_1}$).

К моменту окончания поворота корабли окажутся построенными в строй фронта на новом курсе. Фланги строя при этом не меняются.

В результате маневра кораблей середина строя смещается в направлении старого курса на величину отрезка ab (рис. 6.4.9). Поэтому, чтобы выйти серединой строя на линию намеченного курса aK_{K_2} , необходимо маневр строя начать, не доходя до намеченной предварительной прокладкой точки поворота a на расстояние

$$Oa = ab = 0,5D(n-1) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Если требуется изменить курс строя так, чтобы серединой строя пройти через точку c , находящуюся по пеленгу $\Pi_{за} = K_{K_1} + \alpha$ на расстоянии $D_{за}$ от середины строя (рис. 6.4.5), то при расчете нового курса K_{K_2} следует учесть смещение середины строя за время маневра кораблей, т. е. назначить курс

$$K_{K_2} = \Pi_{за} + \Delta\alpha,$$

$$\text{где } \Delta\alpha = 2 \operatorname{arctg} \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + \sqrt{1 - \frac{D(n-1)}{D_{за}} \sin \alpha}} - \alpha.$$

Знак $\Delta\alpha$ при повороте вправо плюс, при повороте влево минус.

Для изменения курса сложных строев (сложного фронта, сложного кильватера и др.) все корабли изменяют скорость хода одновременно по исполнительному сигналу. В дальнейшем корабли каждой колонны выполняют действия, следуя за своим уравнителем (головным кораблем колонны): поворот на новый курс выполняется способом последовательного поворота, уменьшение скорости до малого хода кораблями колонны производится одновременно по сигналу головного корабля (с занятием позиций). Время лежания на старом курсе ($t_{л_1}$) кораблей последующих рядов больше, чем время ($t_{л_2}$) кораблей первого ряда на величину, пропорциональную расстоянию d ($N_{2j} - 1$) до первого ряда:

$$t_{л_1} = \frac{6D(N_{2l} - 1) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{V_{M_1}} + \frac{6d(N_{2j} - 1)}{V_{M_1}}.$$

где N_{2l} — номер колонны, начиная от внутренней фланговой, считая ее $N_{2l} = 1$;

N_{2j} — номер корабля в колонне (номер ряда), считая для головного корабля $N_{2j} = 1$;

V_{M_1} — скорость кораблей колонны с получением исполнительного сигнала, узлы (для всех внешних колонн $V_{M_1} = V_{спк}$; для средней — $V_{M_1} = V_{пк}$; для всех внутренних, кроме внутренней фланговой, — $V_{M_1} = V_{ск}$, для внутренней фланговой — $V_{M_1} = V_{мк} = V_{мх}$);

D — расстояние между колоннами, кбт;

d — расстояние между кораблями в колонне (строю кильватера), кбт.

Достоинства способа захождения:

- возможность изменения курса простых и сложных строев;
- простота выполнения маневра (маневр выполняется без промежуточных курсов);

— безопасность от столкновений;
 — с уменьшением угла изменения курса строя (α) время маневра (t_n) уменьшается (время маневра зависит от $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$: при $\alpha \rightarrow 0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \rightarrow 0$, а $t_n \rightarrow t_u \rightarrow 0$).

Недостатки способа:

— необходимость изменения скоростей хода кораблей в процессе маневра;

— с увеличением угла изменения курса строя (α) время маневра (t_n) возрастает (при $\alpha \rightarrow 180^\circ \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \rightarrow \infty$ и $t_n \rightarrow \infty$);

— в результате маневра кораблей середина строя смещается с наченной линии курса.

Поворот способом кратчайших расстояний применяется для изменения курса в тех же строях, что и поворот способом захождения.

Сокращение общего времени поворота строя достигается маневрированием каждого корабля не двумя курсами, как в способе захождения, а одним. Рассмотрим маневрирование кораблей при изменении курса способом кратчайших расстояний в строю фронта. Уравнителем строя на время маневра становится внутренний фланговый корабль.

По исполнительному сигналу:

а) **УРАВНИТЕЛЬ** начинает поворот на назначенный курс и с окончанием поворота дает малый ход;

б) **ОСТАЛЬНЫЕ** корабли ложатся на рассчитанные (промежуточные) курсы для занятия позиций на прежних курсовых углах и расстояниях относительно уравнителя строя; соотношение скоростей кораблей такое же, как и в способе захождения.

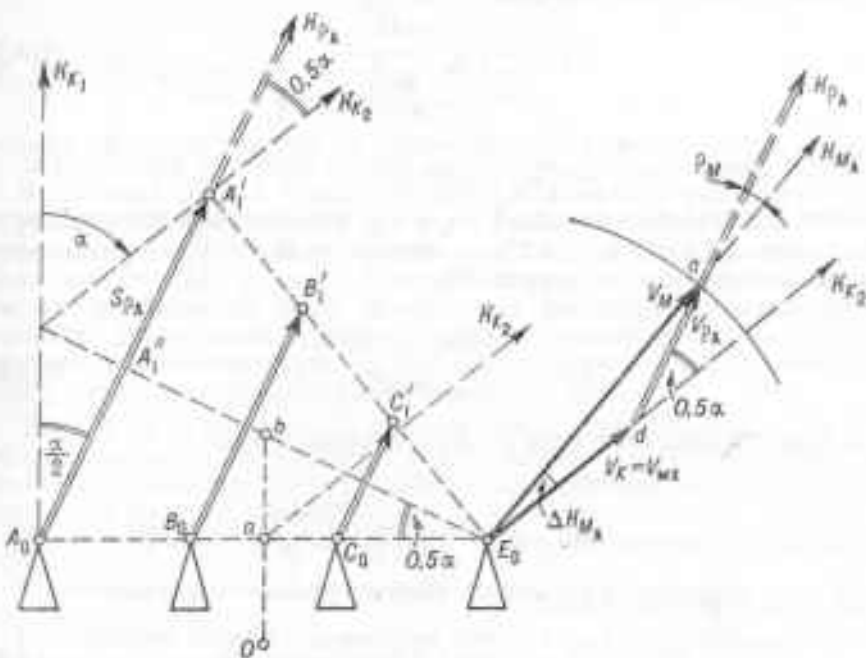


Рис. 6.4.10

Поворот каждого корабля на назначенный курс начинается самостоятельно с занятием своей позиции относительно уравнителя, одновременно дается малый ход.

Маневр строя считается законченным тогда, когда все корабли на новом курсе займут свои места в строю. С этого момента все корабли строя будут следовать скоростью малого хода. Последующее увеличение скорости хода производится по дополнительному сигналу флагмана.

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис. 6.4.10). С получением предварительного сигнала об изменении курса на каждом корабле, кроме уравнивателя строя, рассчитывается: промежуточный курс K_{M_i} и время лежания на нем t_i .

Для этого через позицию уравнивателя E_0 проводится линия строя E_0A_1 на новом курсе, на которую наносятся относительные позиции кораблей C_1, B_1, A_1 . Построив треугольники скоростей, определяют промежуточные курсы (так, для корабля в исходной позиции A_0 : треугольник скоростей E_0ad , курс для занятия позиции K_{M_A}) и вычисляют время лежания каждого корабля на этих курсах

$$t_A = \frac{S_{PA}}{V_{PA}} = \frac{A_0A_1}{V_{PA}}; t_i = \frac{S_{Pi}}{V_{Pi}}. \quad (6.4.20)$$

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. Из равнобедренных треугольников позиций $E_0A_0A_1; E_0B_0B_1; E_0C_0C_1$ относительное перемещение i -го корабля для занятия позиции на новом курсе

$$S_{Pi} = 2D(N\theta_i - 1) \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (6.4.21)$$

Из треугольника скоростей E_0ad на основании теоремы синусов относительная скорость i -го корабля

$$V_{Pi} = V_{M_i} \frac{\sin \Delta K_{M_i}}{\sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (6.4.22)$$

где ΔK_{M_i} — угол между назначенным и промежуточным курсами $\Delta K_{M_i} = K_{K_2} - K_{M_i}$, градусы.

После подстановки значений S_{Pi} и V_{Pi} , вычисленных соответственно по формулам (6.4.21) и (6.4.22), в формулу (6.4.20) получим время лежания i -го корабля на курсе K_{M_i}

$$t_i = \frac{12D(N\theta_i - 1) \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{V_{M_i} \sin \Delta K_{M_i}}. \quad (6.4.23)$$

Из треугольника скоростей E_0ad по теореме синусов

$$\frac{V_{M_i}}{\sin \left(180^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{V_{Mx}}{\sin \left(\frac{\alpha}{2} - \Delta K_{M_i}\right)}$$

откуда после преобразований

$$\Delta K_{M_i} = \frac{\alpha}{2} - \arcsin \left(0,5 \frac{V_{Mx}}{V_{M_i}} \sin \frac{\alpha}{2}\right). \quad (6.4.24)$$

Подставив значение ΔK_{M_i} в формулу (6.4.23), находят время маневра i -го корабля. Курс для занятия позиции $K_{M_i} = K_{K_2} - \Delta K_{M_i}$.

Время поворота строя определяется временем маневра внешнего флангового корабля (исходная позиция A_0 , $V_{M_i} = V_{\text{снх}}$ и $\Delta \alpha_i = \alpha$) и с учетом формул (6.4.23) и (6.4.24) равно

$$t_n = \frac{12D(n-1) \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{V_{\text{снх}}^2 - \left(0,5V_{\text{снх}} \sin \frac{\alpha}{2}\right)^2} - 0,5V_{\text{снх}} \cos \frac{\alpha}{2}} + \frac{1}{\omega_{\text{вн}}} \quad (6.4.25)$$

Контроль за правильностью начала поворота на назначенный курс осуществляется по времени, рассчитанному по формулам (6.4.20) и (6.4.23), а также измерением пеленга и дистанции до уравнивателя (за время маневра пеленг на уравнитель изменится на угол изменения курса α , дистанция станет равна первоначальной).

В результате маневра кораблей середина строя смещается в направлении старого курса на величину отрезка ab (рис. 6.4.10). Поэтому, чтобы выйти серединой строя на линию намеченного курса aK_{K_2} , необходимо поворот начинать, не доходя до намеченной предварительной прокладкой точки поворота на расстояние

$$Oa = ab = 0,5D(n-1) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Если требуется изменить курс строя так, чтобы серединой строя пройти через точку, находящуюся по пеленгу $\Pi_{\text{за}} = K_{K_1} + \alpha$ на расстоянии $D_{\text{за}}$ от середины строя, то при расчете нового курса K_{K_2} следует учесть смещение середины строя за время поворота, т. е. назначить курс

$$K_{K_2} = \Pi_{\text{за}} + \Delta \alpha,$$

$$\text{где } \Delta \alpha = 2 \operatorname{arctg} \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha + \sqrt{1 - \frac{D(n-1)}{D_{\text{за}}} \sin \alpha}} - \alpha.$$

Знак $\Delta \alpha$ при повороте вправо плюс, при повороте влево минус.

В сложных строях (сложного фронта, сложного кильватера и др.) по исполнительному сигналу все корабли последующих рядов одновременно изменяют скорости хода так же, как корабли первого ряда (головные корабли колонн). Поворот колонн на промежуточный, а затем на назначенный курс выполняется способом последовательного поворота. Уменьшение скорости хода до малого кораблями колонны производится одновременно по сигналу головного корабля, который на время маневра становится уравнивателем колонны.

Достоинства способа кратчайших расстояний те же, что и способа захождения, кроме того, по сравнению со способом захождения поворот способом кратчайших расстояний позволяет значительно сократить время маневра строя.

Недостатки данного способа те же, что и способа захождения.

Рекомендации по выбору способа изменения курса строя.

При выборе способа изменения курса строя необходимо учитывать такие важнейшие факторы, как:

- вид строя кораблей и применимость способа изменения курса в данном строю;
- влияние маневра кораблей при изменении курса строя на эффективность решения основной задачи, поставленной перед соединением;

- скорость хода кораблей и необходимость изменения ее в процессе маневра;
- время изменения курса (время поворота) строя;
- достоинства и недостатки способа изменения курса с точки зрения безопасности и простоты выполнения маневра, а также удобства контроля за его правильностью.

Основными показателями оценки способа изменения курса строя являются: применимость способа для данного вида строя, а также время маневра строя, которое даже при постоянных элементах строя и количестве кораблей в строю существенно изменяется в зависимости от угла изменения курса (α) и способа поворота строя.

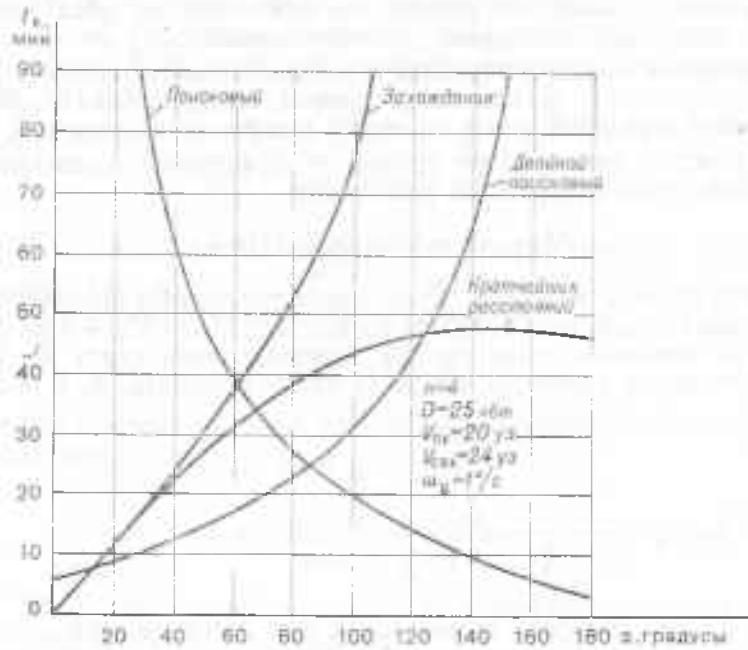


Рис. 6.4.11

На рис. 6.4.11 показаны рассчитанные по формулам (6.4.3), (6.4.9), (6.4.19) и (6.4.25) графики зависимости времени поворота строя t_p различными способами от величины угла изменения его курса α .

Если принять за критерий оценки способа минимум времени выполнения маневра, то анализ графиков позволит сделать вывод о целесообразности применения того или иного способа изменения курса строя фронта в зависимости от угла поворота α .

При повороте на углы $\alpha < 20^\circ$ время маневра практически одинаково для всех способов, кроме поискового поворота.

Поворот на углы $20^\circ < \alpha \leq 85^\circ$ целесообразно производить способом двойного поискового поворота, при этом время маневра будет сокращено в 2—3 раза по сравнению с другими способами.

Поворот на углы $\alpha > 85^\circ$ целесообразно производить способом поискового поворота.

Пользуясь подобными графиками, построенными для различных элементов строя, можно быстро найти время поворота строя каждым способом на различные углы и, учитывая характерные особенности, достоинства и недостатки всех способов, выбрать целесообразный способ изменения курса строя.

Возможности ускорения маневра изменения курса строя.

Одним из важнейших требований, предъявляемых к выполнению маневра при совместном плавании, является требование о выполнении маневра в кратчайший срок (§ 6.1).

В приведенной в § 6.4 сравнительной характеристике способов изменения курса простого и сложного строев отмечено, что с увеличением угла изменения курса строя (α) время поворота строя (t_n) значительно возрастает (за исключением поискового поворота, применяемого только в строю фронта). Рассмотрим возможности сокращения времени поворота строя t_n при углах изменения курса $\alpha > 90^\circ$. Обратимся к формулам для расчета времени t_n (без учета времени циркуляции):

— для способа захождения

$$t_n = \frac{12D(n-1) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{V_{\text{спх}} - V_{\text{мх}}}; \quad (6.4.26)$$

— для способа кратчайших расстояний

$$t_n = \frac{12D(n-1) \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{V_{\text{спх}} \sin \Delta K_M}, \quad (6.4.27)$$

где

$$\Delta K_M = \frac{\alpha}{2} - \arcsin \left(\frac{0,5V_{\text{пх}}}{V_{\text{спх}}} \sin \frac{\alpha}{2} \right). \quad (6.4.28)$$

Нетрудно видеть, что если предварительно строй повернуть на обратный курс способом «все вдруг», а затем — на назначенный курс поворотом строя на угол не α , а на угол $180^\circ - \alpha$, то время занятия позиции относительно уравнителя строя внешним фланговым кораблем на новом курсе будет определяться зависимостями:

— для способа захождения

$$t_n = \frac{12D(n-1) \operatorname{tg} \frac{180^\circ - \alpha}{2}}{V_{\text{спх}} - V_{\text{мх}}} = \frac{12D(n-1) \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}}{V_{\text{спх}} - V_{\text{мх}}}; \quad (6.4.29)$$

— для способа кратчайших расстояний

$$t_n = \frac{12D(n-1) \sin^2 \frac{180^\circ - \alpha}{2}}{V_{\text{спх}} \sin \Delta K_M} = \frac{12D(n-1) \cos^2 \frac{\alpha}{2}}{V_{\text{спх}} \sin \Delta K_M}, \quad (6.4.30)$$

где

$$\Delta K_M = 90^\circ - \left[\frac{\alpha}{2} + \arcsin \left(\frac{0,5V_{\text{пх}}}{V_{\text{спх}}} \cos \frac{\alpha}{2} \right) \right]. \quad (6.4.31)$$

Следовательно, время маневра строя при углах изменения курса $\alpha > 90^\circ$ значительно уменьшится. Например, для $n=4$ кораблям, $D=25$ кбт, $V_{\text{пх}}=20$ уз, $V_{\text{спх}}=24$ уз рассчитаны и на рис. 6.4.12 представлены графики зависимости времени t_n от угла α .

Здесь: 1 — для способа захождения и 2 — для способа кратчайших расстояний, формулы (6.4.26), (6.4.27), (6.4.28); 3 — для способа захождения с предварительным изменением курса строя на угол 180° и 4 — для способа кратчайших расстояний с предварительным изменением курса строя на угол 180° , формулы (6.4.29), (6.4.30), (6.4.31). Предварительное изменение курса строя на угол 180° позволяет в 1,5—3 раза сократить время поворота строя t_n для способа захождения в диапазоне углов изменения курса $105^\circ < \alpha < 125^\circ$, для способа

кратчайших расстояний — в диапазоне $120^\circ < \alpha < 150^\circ$. С увеличением угла α сокращение времени поворота t_n становится еще более существенным.

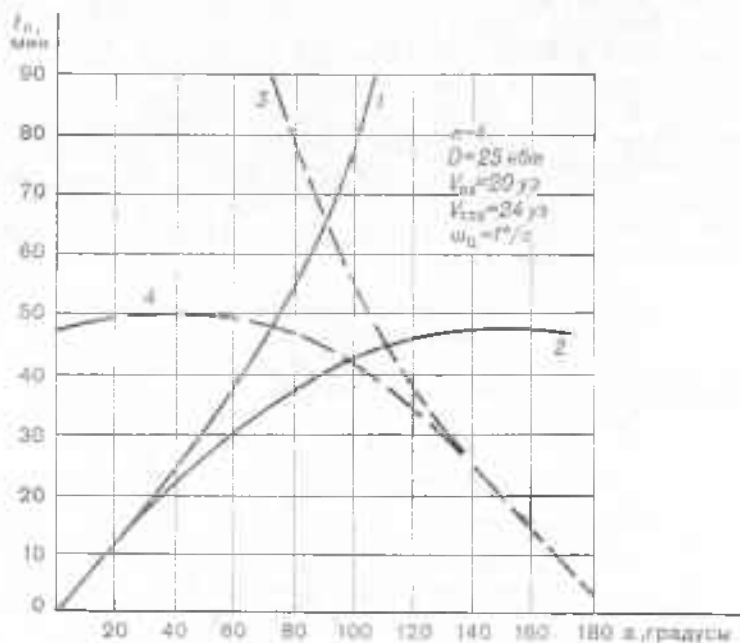


Рис. 6.4.12

§ 6.5. ПОСТРОЕНИЕ КОРАБЛЕЙ В ОРДЕР

Если построение кораблей в ордер осуществляется по одному из предварительно разработанных, заранее доведенных до командиров кораблей вариантов, то перед построением передается по соединению сигнал, содержащий лишь номер ордера (варианта).

Параметры ордера (элементы назначенных кораблям позиций) могут передаваться на корабли и непосредственно перед построением.

Во всяком случае, перед построением в ордер на всех кораблях должны быть известны:

- корабль-уравнитель ордера;
- курс и скорость уравнителя ордера;
- позиция уравнителя относительно центра ордера;
- положение охраняемых кораблей относительно уравнителя ордера (строй охраняемых кораблей и его элементы);
- вид охранения и его параметры (элементы);
- количество кораблей охранения;
- тактический номер корабля;
- назначенное кораблю место в ордере;
- эскадренная (назначенная) скорость хода соединения;
- тактический диаметр циркуляции соединения.

Построение охраняемых кораблей (судов) и кораблей охранения производится раздельно. Это позволяет обеспечить большую свободу и безопасность маневра от столкновений, а также облегчить на корабле флагмана контроль за правильностью и безопасностью выполнения маневра всеми кораблями.

Рассмотрим последовательность расчетов маневра и действий кораблей при их построении в ордер, например с круговым охранением.

С получением предварительного сигнала о построении в ордер:

— на каждом корабле по пеленгу и дистанции от центра маневренного планшета наносится (рис. 6.5.1а) объявленная позиция уравнивателя относительно центра ордера A_0 , а затем от нее — позиции других охраняемых кораблей B_0 и C_0 в соответствии с элементами их строя;

— корабли охранения (КО) ложатся на курс, равный курсу уравнивателя ордера, и дают его скорость;

— после уравнивания курса и скорости на кораблях охранения измеряются пеленг на уравниватель и дистанция до него (P_0 и D_0). По ним на планшет наносится исходная позиция корабля M_0 относительно уравнивателя. Такая последовательность действий (сначала уравнивание курса и скорости, а затем измерение P_0 и D_0 и нанесение позиции M_0) исключит необходимость учета времени запаздывания при расчете маневра (см. гл. 5);

— в соответствии с вариантом построения в ордер и тактическим номером, присвоенным кораблю (или согласно сигналу, указывающему место корабля в охранении), наносится на планшет назначенная позиция корабля в ордере M'_1 ;

— при центре ордера наносится вектор эскадренной скорости хода $\bar{V}_K = \bar{V}_{пк} = \bar{Oa}$; если на время построения ордера уравниватель ордера дает средний ход, то наносится также вектор скорости среднего хода $\bar{V}_K = \bar{V}_{сх} = \bar{Ob}$;

— с учетом влияния циркуляции рассчитывается курс K_M и время лежания на нем $t'' = \frac{a'b'}{V_M}$ для занятия назначенной позиции в ордере (скорость корабля при занятии позиции соответствует скорости самого полного хода $V_M = V_{спк}$, время t'' рассчитывается до десятых долей минуты и затем переводится в минуты и секунды). Расчеты маневра выполняются с соблюдением мер безопасности от столкновений (§ 6.1 рис. 6.1.2);

— на планшете измеряется пеленг равнения P_p с назначенной позиции корабля в ордере M'_1 на позицию уравнивателя ордера A_0 и дистанция равнения $D_p = M'_1A_0$. P_p и D_p необходимы для контроля за правильностью занятия позиции;

— с учетом требований официальных документов определяется (рис. 6.1.1) необходимая точность удержания назначенной позиции по пеленгу и дистанции относительно уравнивателя, а затем — допустимые пределы изменения пеленга ($P_1 \div P_2$) и дистанции ($D_1 \div D_2$) до уравнивателя при нахождении корабля в своей позиции. Они ($P_1 \div P_2$ и $D_1 \div D_2$) используются вахтенным офицером для контроля за точным удержанием места корабля в ордере.

В тех случаях, когда в силу специфических условий плавания (выход из узкости, следование по фарватеру, проводка за тралами и т. п.) корабли охранения и охраняемые корабли следуют в общем строю кильватера, может возникнуть необходимость выполнения маневра для занятия позиции несколькими курсами. Например, если в строю кильватера все корабли охранения следуют позади охраняемых кораблей (рис. 6.5.2), то корабль (исходная позиция M_0) для занятия своей позиции (M'_3) на курсовом угле уравнивателя 0° маневрирует 3-мя курсами:

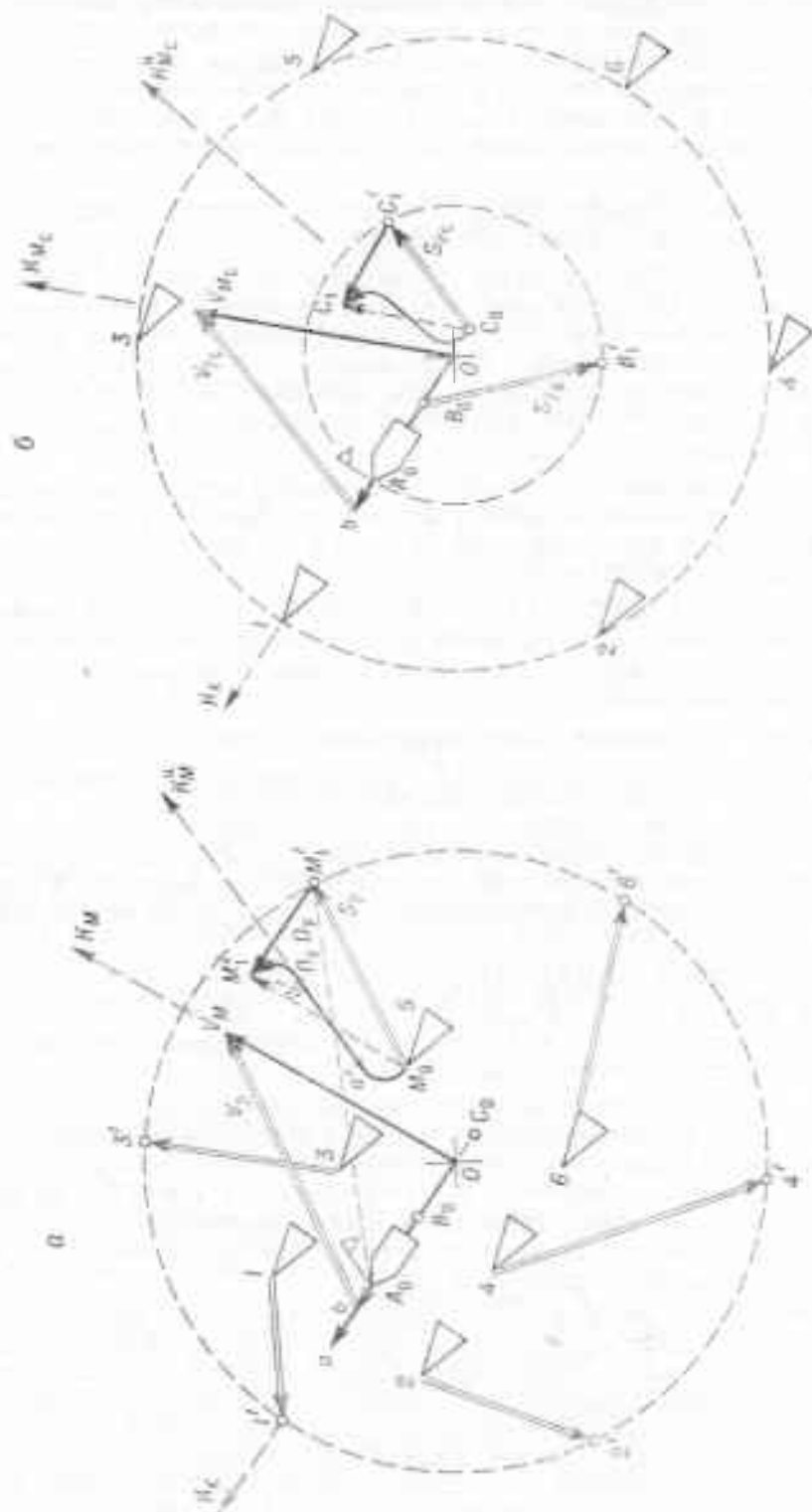


Рис. 6.5.1

1) курсом $K_{M_1} = K_K + 20^\circ$ (треугольник скоростей Oab , относительное перемещение S_{p_1});

2) после отхода от линии строя охраняемых кораблей на дистанцию не менее 6 кбт (позиция M'_1) — курсом $K_{M_2} = K_K$ до траверза головного охраняемого корабля (позиция M'_2 , относительное перемещение S_{p_2});

3) из позиции M_2 — рассчитанным курсом K_{M_3} (треугольник скоростей Oac , относительное перемещение S_{p_3}) — в назначенную позицию M_3 на линии охранения.

Если в строю кильватера впереди охраняемых кораблей следуют корабли охранения (рис. 6.5.3) и концевому из них (исходная позиция M_0) назначена позиция в охранении на курсовом угле 180° (позиция M'_3), то он поворачивает на обратный курс ($K_M = K_K \pm 180^\circ$) так, чтобы пройти от линии строя охраняемых кораблей на расстоянии не менее 6 кбт. Время лежания на обратном курсе рассчитывается по формуле

$$t^{180} = \frac{M'_1 M'_2}{V_M + V_K} = \frac{S_p - 2S_K^u}{V_M + V_K} = \frac{S_p - 2V_K t_{ц180}}{V_M + V_K}$$

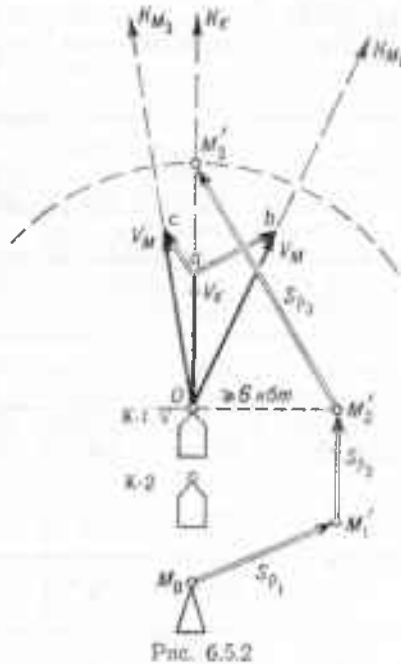


Рис. 6.5.2

где $t_{ц180}$ — время поворота (циркуляции) корабля на 180° ;

$$S_p = M_0 M'_3,$$

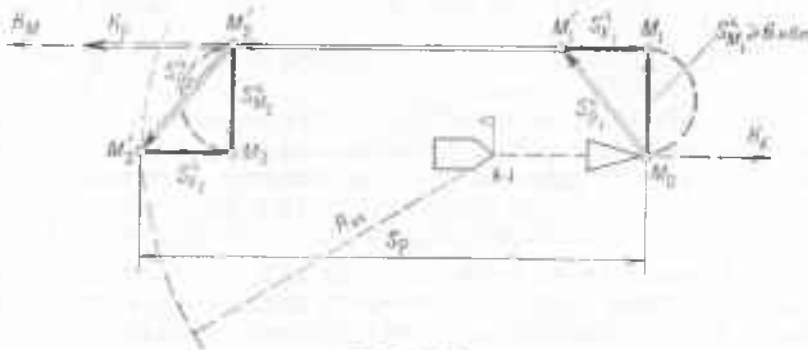


Рис. 6.5.3

Короче говоря, содержанием расчета маневра корабля для занятия позиции (места) при построении в ордер в общем случае является:

- определение курсов корабля и времени лежания на каждом из них ($K_{M_1}, t_1; K_{M_2}, t_2; K_{M_3}, t_3$ и т. д.);
- снятие (измерение) поворотных пеленгов (Π_{n_i}) и дистанций (D_{n_i}) на уравниль ордера (ближайшие охраняемые корабли)

на момент начала поворота корабля на очередной курс (K_{M_i}), а также пеленгов и дистанций равнения (P_p и D_p) на уравниватель ордера;

— определение необходимой точности (M_d) удержания назначенной позиции и допустимых пределов изменения пеленгов ($P_1 \div P_2$) и дистанций ($D_1 \div D_2$) до уравнивателя.

Результаты расчетов сводятся в табл. 6.5.1, которой для контроля за правильностью выполнения маневра пользуется вахтенный офицер и оператор, выполнивший расчет.

Таблица 6.5.1

Расчетные параметры: курсы (K_{M_i}); время лежания на курсах (t_i); принятые для расчета скорости хода (V_{M_i}, V_{K_i})				Контрольные параметры: поворотные (P_{Pi}, D_{Pi}); равнения (P_p, D_p); удержания позиции (P_1, D_1, P_2, D_2)			
1	K_{M_1}	120°	V_{M_1} 16 уз	корабль	К — 3	P_{P_1}	62°
	t_1	3 мин 12 с	V_{K_1} 9 уз	корабль	К — 3	D_{Pi}	12 кбт
2	K_{M_2}	90°	V_{M_2} 16 уз	корабль	К — 2	P_{P_2}	347°
	t_2	6 мин 42 с	V_{K_2} 9 уз	корабль	К — 2	D_{Pi}	23 кбт
3	K_{M_3}	83°	V_{M_3} 16 уз	P_p	257°	$P_1 \div P_2$	253° ÷ 261°
	t_3	10 мин 15 с	V_{K_3} 9 уз	D_p	36 кбт	$D_1 \div D_2$	33 ÷ 39 кбт

По истечении времени, необходимого для выполнения расчетов, флагман дает исполнительный сигнал о построении в ордер. По исполнительному сигналу:

а) ОХРАНЯЕМЫЕ КОРАБЛИ, оставаясь на прежнем курсе, уменьшают ход до среднего;

б) КАЖДЫЙ КОРАБЛЬ ОХРАНЕНИЯ увеличивает ход до самого полного и начинает поворот на рассчитанный курс; с окончанием поворота корабля на рассчитанный курс запускаются секундомеры:

— поворот на очередной курс выполняется по рассчитанному времени (t_i), а также по поворотным пеленгам и дистанциям (P_{Pi}, D_{Pi}).

При этом берется упреждение на «мертвый промежуток времени» (10 ÷ 20 с), который проходит от момента доклада командиру корабля о времени начала поворота до момента начала циркуляции корабля;

— контроль за правильностью выполнения маневра осуществляется измерением текущих пеленгов и дистанций (P_i, D_i) до уравнивателя ордера; при необходимости изменением курса и скорости корабля производится корректура маневра;

— с занятием позиции (контроль осуществляется по P_p и D_p) скорость хода корабля уменьшается до скорости хода уравнивателя ордера.

Охраняемые корабли выстраиваются в назначенный строй по сигналу флагмана, указывающему вид строя и его элементы. При выполнении этого сигнала объем и порядок действий охраняемых кораблей

тот же, что и кораблей охранения при получении сигнала о перестроении в ордер. На рис. 6.5.10 показан графический расчет маневра для построения охраняемых кораблей *A*, *B* и *C* в строй клина.

§ 6.6. МАНЕВРИРОВАНИЕ КОРАБЛЕЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КУРСА ОРДЕРА

Для изменения курса ордера могут применяться следующие способы выполнения маневра:

- поворот способом захождения;
- поворот способом кратчайших расстояний;
- поворот способом разделения;
- поворот способом переориентирования.

Поворот способом захождения применяется для изменения курса ордера с охранением завесой, с круговым и некоторыми другими видами охранения.

Для простоты изложения вопроса вначале рассмотрим последовательность действий кораблей при выполнении маневра изменения курса ордера с охранением завесой, а затем — правила производства расчетов.

На время маневра уравниателем для кораблей охранения становится корабль с тактическим номером 1. Если в ордере с охранением завесой четное число кораблей охранения (в этом случае, как известно, позиция № 1 не занимается), то уравниателем для кораблей охранения становится уравнительная точка C_0 (рис. 6.6.1).

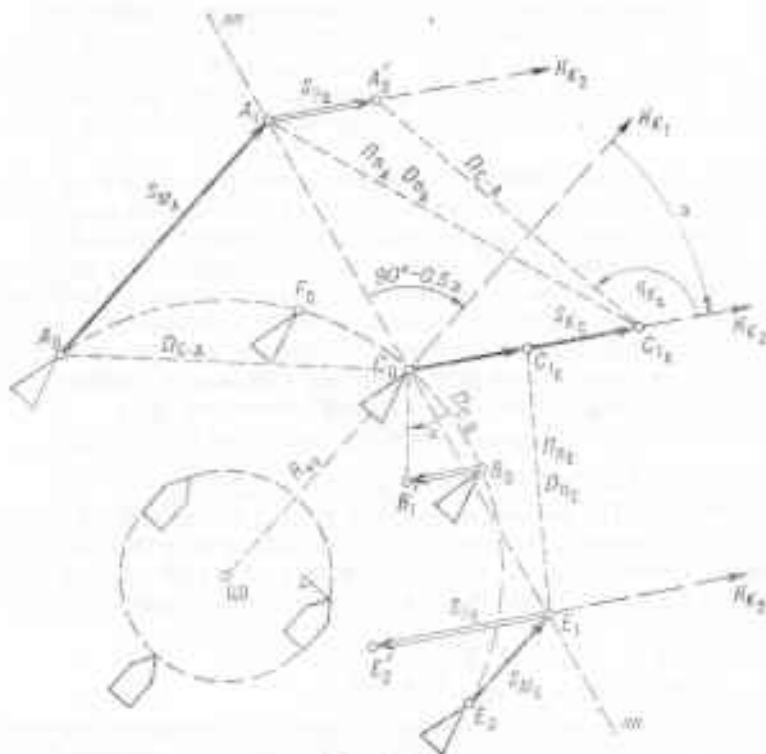


Рис. 6.6.1

Чтобы маневр изменения курса ордера выполнялся без промежуточных курсов, поворот кораблей охранения на новый курс выполняется

разновременно, по мере выхода каждого из них старым курсом на линию поворотов, направление которой рассчитывается по формуле

$$лп = K_{К_1} + 90^\circ \pm \alpha.$$

По исполнительному сигналу:

а) УРАВНИТЕЛЬ ЗАВЕСЫ (корабль охранения с тактическим номером 1, позиция C_0), не изменяя скорости хода ($V_{пх}$), ложится на назначенный курс;

б) ОХРАНЯЕМЫЕ КОРАБЛИ продолжают следовать прежним курсом ($K_{К_1}$) и скоростью ($V_{пх}$), затем в рассчитанный момент времени начинают поворот на назначенный курс одним из способов.

— способом «все вдруг» в тот момент, когда центр ордера выйдет старым курсом на линию охранения ($A_0F_0C_0B_0E_0$), т. е. после исполнительного сигнала сместится на расстояние, равное $R_{к0}$, — применяется в любом строю;

— способом последовательного поворота в тот момент, когда головной корабль выйдет на линию поворотов, — применяется только в строю кильватера;

— способом захождения в тот момент, когда уравнитель строя выйдет на линию поворотов, — применяется в любом строю;

в) КОРАБЛИ ОХРАНЕНИЯ:

— внешние относительно стороны поворота корабли (позиции A_0, F_0) увеличивают ход до самого полного и следуют до линии поворотов, затем ложатся на назначенный курс и, используя преимущество в скорости хода, занимают свои позиции относительно уравнителя;

— внутренние корабли, не дошедшие до линии поворотов (позиция E_0), не меняя хода, следуют до линии поворотов, с выходом на нее ложатся на назначенный курс, уменьшают ход до малого и занимают свои позиции относительно уравнителя путем отставания;

— внутренние корабли, оказавшиеся за линией поворотов (позиция B_0), уменьшают ход до малого и ложатся на рассчитанные (промежуточные) курсы для занятия своих позиций;

— с занятием своих позиций в охранении относительно уравнителя завесы каждый корабль самостоятельно дает назначенный ход.

Маневр изменения курса ордера считается законченным тогда, когда все корабли охранения займут свои позиции в ордере на новом курсе. Общее время маневра каждого корабля охранения определяется:

— временем следования его до линии поворотов (t_1);

— временем занятия своей позиции на новом курсе (t_2);

— временем циркуляции ($t_3 = \frac{\pi}{60 \omega_{\text{вн}}}$).

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра внешних кораблей (рис. 6.6.1).

С получением предварительного сигнала об изменении курса ордера:

— через позицию уравнителя C_0 проводится линия поворотов;

— измеряется абсолютное перемещение внешнего корабля до линии поворотов:

для корабля A $S_{MA} = A_0A_1$;

для i -го корабля $S_{Mi} = i_0i_1$;

— рассчитывается время следования внешнего корабля старым курсом со скоростью самого полного хода от момента получения исполнительного сигнала до начала поворота на назначенный курс:

$$\text{для корабля } A \quad t_{1A} = \frac{S_{MA}}{V_{\text{спх}}} = \frac{A_0A_1}{V_{\text{спх}}};$$

для i -го корабля $t_{1i} = \frac{S_{M_i}}{V_{спх}}$;

— рассчитывается перемещение уранвителя завесы за время $t_{1A}(t_{1i})$;

с учетом маневра корабля A $S_{KC} = C_0 C_{1A} = V_{пх} t_{1A}$;

с учетом маневра i -го корабля $S_{KC} = V_{пх} t_{1i}$;

— по прежнему курсовому углу с уранвителя на корабль A (q_{KA}) и по дистанции от уранвителя (D_{C-A}) наносится позиция внешнего корабля (A_2) на новом курсе относительно позиции уранвителя (C_{1A}); затем с использованием элементов относительного движения рассчитывается время занятия внешним кораблем своей позиции на новом курсе:

для корабля A

$$t_{2A} = \frac{S_{pA}}{V_{pA}} = \frac{A_1 A_2}{V_{спх} - V_{пх}}$$

для i -го корабля

$$t_{2i} = \frac{S_{pi}}{V_{pi}} = \frac{S_{пх}}{V_{спх} - V_{пх}}$$

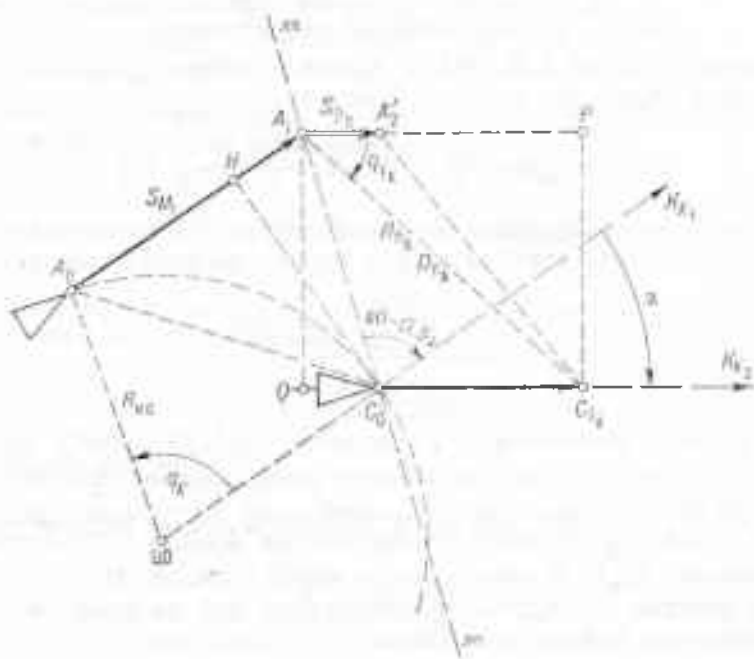


Рис. 6.6.2

— с чертежа снимаются: поворотный пеленг ($П_{пА}$ — направление с позиции A_1 на позицию уранвителя C_{1A}) и поворотная дистанция до уранвителя ($D_{пА} = A_1 C_{1A}$) на момент начала поворота внешнего корабля на назначенный курс.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра внешних кораблей (рис. 6.6.2).
Время маневра внешнего корабля A :

$$t_{\Pi} = t_1 + t_2 + t_{\Pi} = \frac{S_{M_1}}{V_{\text{спх}}} + \frac{S_{P_2}}{V_{P_2}} + \frac{a}{60\omega_{\Pi}}. \quad (6.6.1)$$

Для нахождения абсолютного перемещения S_{M_1} , опустим из точки C_0 на A_0A_1 перпендикуляр C_0H . Тогда

$$S_{M_1} = A_0H + HA_1.$$

Из прямоугольного треугольника C_0HA_1

$$HA_1 = C_0H \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Из прямоугольного треугольника C_0HA_0

$$A_0H = A_0C_0 \sin \frac{q_K}{2}$$

и

$$C_0H = A_0C_0 \cos \frac{q_K}{2},$$

где $A_0C_0 = 2R_{\text{ко}} \sin \frac{q_K}{2}$ — расстояние от корабля A до уравнителя завесы по линии охранения;

q_K — курсовой угол на позицию корабля охранения относительно центра ордера.

С учетом значений A_0C_0 , HA_1 и A_0H абсолютное перемещение внешнего корабля охранения до линии поворотов

$$S_{M_1} = 2R_{\text{ко}} \sin^2 \frac{q_K}{2} + 2R_{\text{ко}} \sin \frac{q_K}{2} \cos \frac{q_K}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Выполнив преобразования и учтя формулу (6.6.1), получим время следования внешнего корабля старым курсом до линии поворотов

$$t_1 = \frac{12R_{\text{ко}} \sin \frac{q_K}{2} \sin \frac{\alpha + q_K}{2}}{V_{\text{спх}} \cos \frac{\alpha}{2}}. \quad (6.6.2)$$

Для расчета относительного перемещения ($S_{P_2} = A_1A_2$) внешнего корабля A на новом курсе до занятия своей позиции A_2 относительно уравнителя завесы выполним дополнительные построения (рис. 6.6.2):

— из точки C_{1A} (позиция уравнителя на момент t_1) восстановим перпендикуляр $C_{1A}P$ к линии нового курса корабля A ;

— из позиции A_1 опустим перпендикуляр A_1Q на продолжение линии нового курса уравнителя завесы.

По построению $A_1P = QC_{1A}$. Тогда

$$S_{P_2} = A_1A_2 = A_1P - A_2P = QC_{1A} - A_2P = QC_0 + C_0C_{1A} - A_2P, \quad (6.6.3)$$

где из треугольников A_1C_0Q и C_0A_1H :

$$QC_0 = A_1C_0 \cos(90^\circ - \alpha + \frac{\alpha}{2}) = A_1C_0 \sin \frac{\alpha}{2};$$

$$A_1C_0 = \frac{C_0H}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \frac{2R_{\text{ко}} \sin \frac{q_K}{2} \cos \frac{q_K}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}};$$

тогда

$$QC_0 = 2R_{\text{ко}} \sin \frac{q_K}{2} \cos \frac{q_K}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2};$$

с учетом формулы (6.6.2)

$$C_0C_{1A} = V_{\text{нз}} t_1 = 2 \frac{V_{\text{пк}}}{V_{\text{снх}} \cos \frac{\alpha}{2}} R_{\text{ко}} \sin \frac{q_K}{2} \sin \frac{\alpha + q_K}{2}.$$

По построению треугольники A_0C_0H и $A'_2C_{1A}P$ равны, поэтому

$$A'P = A_0H = 2R_{\text{ко}} \sin^2 \frac{q_K}{2}.$$

Подставив значения QC_0 , C_0C_{1A} , $A'P$ в формулу (6.6.3), выполнив преобразования и учтя значение относительной скорости $V_{\rho_2} = V_{\text{снх}} - V_{\text{пк}}$, получим:

— относительное перемещение внешнего корабля на новом курсе до занятия своей позиции относительно уравнивателя

$$S_{\rho_2} = 2R_{\text{ко}} \frac{\sin \frac{q_K}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}} \left(\sin \frac{\alpha - q_K}{2} + \frac{V_{\text{пк}}}{V_{\text{снх}}} \sin \frac{\alpha + q_K}{2} \right);$$

— время лежания на новом курсе (от момента окончания поворота на новый курс до занятия своей позиции):

$$t_2 = \frac{12R_{\text{ко}} \sin \frac{q_K}{2}}{(V_{\text{снх}} - V_{\text{пк}}) \cos \frac{\alpha}{2}} \left(\sin \frac{\alpha - q_K}{2} + \frac{V_{\text{пк}}}{V_{\text{снх}}} \sin \frac{\alpha + q_K}{2} \right). \quad (6.6.4)$$

Согласно формулам (6.6.1), (6.6.2) и (6.6.4) после преобразований время маневра внешнего корабля

$$t_{\text{н}} = \frac{12R_{\text{ко}}}{V_{\text{снх}} - V_{\text{пк}}} \sin q_K \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \frac{\alpha}{60\omega_{\text{м}}}. \quad (6.6.5)$$

Из прямоугольного треугольника A_1PC_{1A} :

— поворотный пеленг с позиции A_1 на позицию уравнивателя C_{1A}

$$П_{\text{нА}} = K_{K_2} + q_{1A};$$

— поворотная дистанция от позиции A_1 до позиции уравнивателя C_{1A}

$$D_{\text{нА}} = \frac{PC_{1A}}{\sin q_{1A}} = \frac{R_{\text{ко}} \sin q_K}{\sin q_{1A}},$$

где $q_{1A} = \operatorname{arctg} \frac{PC_{1A}}{A_1P} = \operatorname{arctg} \frac{V_{\text{снх}}}{V_{\text{пк}} \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + \operatorname{tg} \frac{q_K}{2} \right) + V_{\text{снх}} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}.$

Для i -го корабля соответственно:

— поворотный пеленг $\Pi_{K_i} = K_{K_i} + q_{1_i}$,

— поворотная дистанция

$$D_{0_i} = \frac{R_{K_0} \sin q_{K_i}}{\sin q_{1_i}},$$

где $q_{1_i} = \arctg \frac{V_{\text{вн}}}{V_{\text{вн}} \left(\tg \frac{\alpha}{2} + \tg \frac{q_{K_i}}{2} \right) + V_{\text{вн}} \tg \frac{\alpha}{2}}$.

Формулы (6.6.2), (6.6.4) и (6.6.5) могут быть использованы для расчета маневра любого внешнего корабля охранения, находящегося на курсовом угле q_{K_i} и на расстоянии R_{K_0} от центра ордера.

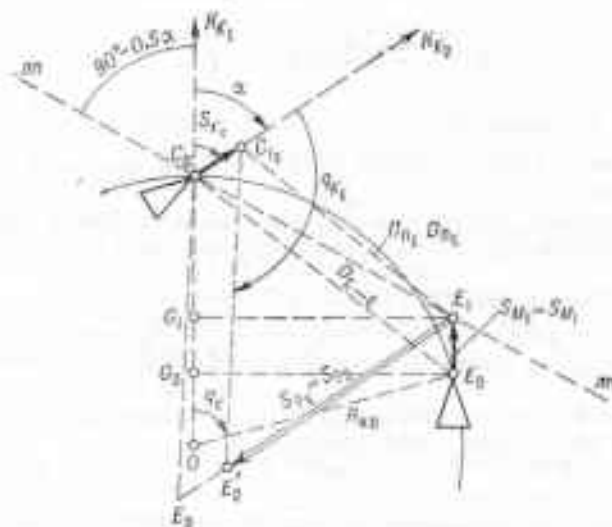


Рис. 6.6.3

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра внутренних кораблей (рис. 6.6.1, 6.6.3, 6.6.4):

— для расчета маневра внутреннего, не дошедшего до линии поворотов корабля измеряется (рис. 6.6.1, 6.6.3) его абсолютное перемещение до линии поворотов:

для корабля E $S_{ME} = E_0E_1$;

для i -го корабля $S_{M_i} = l_0l_1$;

— рассчитывается время следования внутреннего, не дошедшего до линии поворотов корабля старым курсом скоростью полного хода от момента получения исполнительного сигнала до начала поворота на назначенный курс:

для корабля E

$$t_{1E} = \frac{S_{ME}}{V_{\text{вн}}} = \frac{E_0E_1}{V_{\text{вн}}},$$

для i -го корабля

$$t_{1i} = \frac{S_{M_i}}{V_{\text{вн}}};$$

— рассчитывается перемещение урангителя завесы за время t_{1E} или t_{1i} (рис. 6.6.3):

с учетом маневра корабля E

$$S_{KC} = C_0 C_{1E} = V_{пк} t_{1E} = S_{ME};$$

или с учетом маневра i -го корабля

$$S_{KC} = V_{пк} t_{1i} = S_{Mi};$$

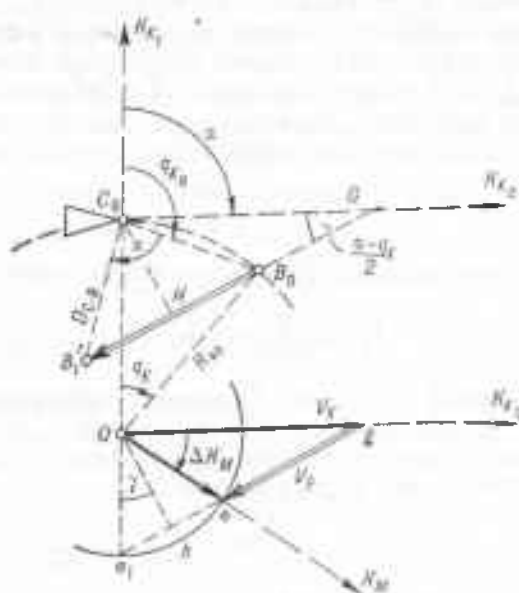


Рис. 6.6.4

— от позиции урангителя C_{1E} по прежнему курсовому углу с урангителя на корабль E (q_{N_E}) и по дистанции от урангителя (D_{C-E}) наносится относительная позиция внутреннего корабля E_2 на новом курсе; затем с использованием элементов относительного движения рассчитывается время занятия своей позиции на новом курсе внутренним, не дошедшим до линии поворотов кораблем:

для корабля E

$$t_{2E} = \frac{S_{PE}}{V_{PE}} = \frac{E_1 E_2}{V_{пк} - V_{мк}};$$

для i -го корабля

$$t_{2i} = \frac{S_{Pi}}{V_{Pi}} = \frac{S_{Pi}}{V_{пк} - V_{мк}};$$

— с чертежа снимаются: поворотный пеленг ($\Pi_{пE}$ — направление с позиции E_1 на позицию урангителя C_{1E}) и поворотная дистанция до урангителя ($D_{пE} = E_1 C_{1E}$) на момент начала поворота на назначенный курс внутреннего, не дошедшего до линии поворотов корабля;

— для расчета маневра внутреннего, оказавшегося за линией поворотов корабля B (рис. 6.6.1, 6.6.4) от позиции уравнивателя C_0 с учетом нового курса по прежнему курсовому углу с уравнивателя на корабль B (q_{KB}) и по дистанции от уравнивателя (D_{C-B}) наносится относительная позиция этого корабля B'_1 на новом курсе;

— затем строится треугольник перемещений $B_0B'_1C_0$ (относительное перемещение $S_{PB} = B_0B'_1$);

— промежуточный курс корабля B рассчитывается построением треугольника скоростей; при этом, чтобы обеспечить и надежность наблюдения гидролокационными средствами в направлении нового курса (K_K), и безопасность маневра относительно охраняемых кораблей, из двух решений выбирается тот курс (K_M , треугольник скоростей Oge), который дает меньший угол отворота от назначенного курса ордера (K_K)

$$K_M = K_K + \Delta K_M; \quad (6.6.6)$$

— время лежания корабля B на рассчитанном курсе K_M

$$t_B = \frac{S_{PB}}{V_P} = \frac{B_0B'_1}{V_P}. \quad (6.6.7)$$

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра внутренних кораблей (рис. 6.6.3, 6.6.4). Время маневра внутреннего, не дошедшего до линии поворотов корабля (исходная позиция E_0 , курсовой угол на позицию E_0 относительно центра ордера $q_K > \alpha$, рис. 6.6.3):

$$t_a = t_1 + t_2 + t_d = \frac{S_M}{V_{ис}} + \frac{S_{P_2}}{V_K} + \frac{a}{60\omega_{11}}. \quad (6.6.8)$$

Найдем абсолютное перемещение внутреннего корабля ($S_M = E_0E_1$) до линии поворотов. Для этого спроецируем отрезок E_0E_1 на линию старого курса OK_K . По построению $G_0G_1 = E_0E_1$. Тогда

$$S_M = G_0G_1 = OC_0 - OG_0 - G_1C_0, \quad (6.6.9)$$

где $OC_0 = R_{ко}$.

Из прямоугольного треугольника OG_0E_0

$$OG_0 = R_{ко} \cos q_K;$$

из прямоугольного треугольника $G_1C_0E_1$, в котором $\angle G_1E_1C_0 = \frac{\alpha}{2}$, по построению линии поворотов,

$$G_1C_0 = G_1E_1 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

где $G_1E_1 = G_0E_0 = R_{ко} \sin q_K$, следовательно,

$$G_1C_0 = R_{ко} \sin q_K \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

С учетом формул (6.6.8) и (6.6.9), а также полученных значений OC_0 , OG_0 , G_1C_0 :

— абсолютное перемещение внутреннего корабля до линии поворотов

$$S_M = R_{ко} \left(1 - \cos q_K - \sin q_K \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) = R_{ко} \sin q_K \left(\operatorname{tg} \frac{q_K}{2} - \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right);$$

— время следования до линии поворотов

$$t_1 = \frac{S_{M_1}}{V_{пк}} = \frac{12R_{к0} \sin \frac{q_K}{2} \sin \frac{q_K - \alpha}{2}}{V_{пк} \cos \frac{\alpha}{2}}. \quad (6.6.10)$$

Найдем относительное перемещение $S_{E_1 E_2} = E_1 E_2$ внутреннего, не дошедшего до линии поворотов корабля E для занятия своей позиции E_2 относительно уравнивателя на новом курсе. К моменту выхода этого корабля на линию поворотов (позиция E_1) уравниватель пройдет новым курсом расстояние $C_0 C_{1E} = E_0 E_1 = S_{M_1}$, так как скорости обеих кораблей на этом этапе выполнения маневра равны. Положение исходной позиции E_0 относительно позиции уравнивателя C_0 и положение позиции к концу маневра E_2 относительно позиции уравнивателя C_{1E} определяется одинаковыми курсовыми углами уравнивателя (q_{KE})

$$q_{KE} = \angle K_{K_2} C_{1E} E_2 = \angle K_{K_1} C_0 E_0 = 90^\circ + \frac{q_K}{2}.$$

Выполним дополнительные построения: проведем $C_0 E_3 \parallel C_{1E} E_2$ и отложим $C_0 E_3 = C_{1E} E_2 = 2R_{к0} \sin \frac{q_K}{2}$.

По построению

$$S_{E_1 E_3} = E_1 E_3 = E_1 E_2 - E_2 E_3, \quad (6.6.11)$$

где

$$E_2 E_3 = C_0 C_{1E} = S_{M_1} = \frac{2R_{к0} \sin \frac{q_K}{2} \sin \frac{q_K - \alpha}{2}}{\cos \frac{\alpha}{2}}. \quad (6.6.12)$$

Найдем величину отрезка $E_1 E_3$. Из треугольника $E_1 C_0 E_3$ на основании теоремы синусов

$$E_1 E_3 = \frac{C_0 E_1 \sin \angle E_1 C_0 E_3}{\sin \angle C_0 E_3 E_1}.$$

Из треугольников $C_0 E_1 G_1$ и $O E_0 G_0$

$$C_0 E_1 = \frac{E_1 G_1}{\sin \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{E_0 G_0}{\sin \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{R_{к0} \sin q_K}{\cos \frac{\alpha}{2}};$$

$$\angle E_1 C_0 E_3 = \angle K_{K_2} C_0 E_3 - \angle K_{K_1} C_0 E_1 = \angle K_{K_2} C_{1E} E_2 - \angle K_{K_2} C_0 E_1 = \frac{q_K + \alpha}{2};$$

$$\angle C_0 E_3 E_1 = 180^\circ - \angle K_{K_2} C_0 E_3 = 180^\circ - \angle K_{K_2} C_{1E} E_2 = 90^\circ - \frac{q_K}{2}.$$

С учетом полученных значений $C_0 E_1$, $\angle E_1 C_0 E_3$, $\angle C_0 E_3 E_1$

$$E_1 E_3 = \frac{R_{к0} \sin \frac{q_K + \alpha}{2} \sin q_K}{\cos \frac{\alpha}{2} \cos \frac{q_K}{2}}. \quad (6.6.13)$$

С учетом формул (6.6.8) и (6.6.11), а также полученных значений E_1E_3 по формуле (6.6.13) и E'_2E_3 по формуле (6.6.12) после преобразований:

— относительное перемещение внутреннего, не дошедшего до линии поворотов корабля для занятия своей позиции относительно уравнителя на новом курсе

$$S_{p_2} = 2R_{к0} \sin q_K \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (6.6.14)$$

— время лежания на новом курсе до занятия позиции

$$t_2 = \frac{S_{p_2}}{V_{p_2}} = \frac{12R_{к0} \sin q_K \operatorname{tg} \alpha}{V_{пк} - V_{мк}}. \quad (6.6.15)$$

Согласно выражению (6.6.8), с учетом формул (6.6.10) и (6.6.15) и значения $V_{пк} - V_{мк} = 0,5 V_{пк}$, после преобразований время маневра внутреннего, не дошедшего до линии поворотов корабля

$$t_n = \frac{6R_{к0}}{V_{пк}} (1 - \cos q_K) \left(1 + 3 \operatorname{ctg} \frac{q_K}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{\alpha}{60\omega_{ц}}. \quad (6.6.16)$$

Для расчета промежуточного курса внутреннего, оказавшегося за линией поворотов корабля (исходная позиция B_0 , курсовой угол на эту позицию относительно центра ордера $q_K < \alpha$, рис. 6.6.4) необходимо найти поправку к назначенному курсу, которая согласно формуле (6.6.6) равна

$$\Delta K_M = K_M - K_{K_2}$$

Выполним дополнительные построения (рис. 6.6.4):

— продлим линию $B_0B'_1$ до пересечения с линией нового курса K_{K_2} в точке G ;

— опустим из точки C_0 перпендикуляр C_0H на GB'_1 и из точки O — перпендикуляр Oh на ge_1 .

Треугольники GC_0H и gOh подобны по построению. Обозначим: $\angle gOe = \Delta K_M$ и $\angle e_1Oh = \angle eOh = \gamma$. Тогда $\Delta K_M = \angle gOh - \gamma$. Из треугольника gOh :

$$\Delta K_M = 90^\circ - \gamma - \angle Ogh. \quad (6.6.17)$$

$$\angle Ogh = \angle C_0GB'_1 = 180^\circ - \angle GC_0B'_1 - \angle GB'_1C_0. \quad (6.6.18)$$

По построению:

$$\left. \begin{aligned} \angle B_0C_0B'_1 = \alpha; \quad \angle B_0C_0O = \angle C_0B_0O = 90^\circ - \frac{q_K}{2}; \\ \angle K_{K_2}C_0B_0 = \angle GC_0B'_1 = 90^\circ + \frac{q_K}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (6.6.19)$$

Треугольник позиций $B_0C_0B'_1$ равнобедренный, следовательно,

$$\angle GB'_1C_0 = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}. \quad (6.6.20)$$

Тогда по формуле (6.6.18) с учетом формул (6.6.19) и (6.6.20) получим:

$$\left. \begin{aligned} \angle Ogh = 180^\circ - \left(90^\circ + \frac{q_K}{2} \right) - \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2} \right) = \frac{\alpha - q_K}{2}; \\ \angle gOh = 90^\circ - \frac{\alpha - q_K}{2} = \Delta K_M + \gamma. \end{aligned} \right\} \quad (6.6.21)$$

Из треугольника gOh

$$Oh = V_K \cos(\Delta K_M + \gamma) = V_K \sin \frac{\alpha - q_K}{2}. \quad (6.6.22)$$

Из треугольника eOh

$$Oh = Oe \cos \gamma = V_M \cos \gamma. \quad (6.6.23)$$

Приравняв выражения (6.6.22) и (6.6.23) и решив полученное уравнение относительно γ , найдем

$$\gamma = \arccos \left(\frac{V_K}{V_M} \sin \frac{\alpha - q_K}{2} \right). \quad (6.6.24)$$

Из формулы (6.6.17) с учетом значения γ (формула 6.6.24) поправка к назначенному курсу

$$\Delta K_M = \arcsin \left(\frac{V_K}{V_M} \sin \frac{\alpha - q_K}{2} \right) - \frac{\alpha - q_K}{2}. \quad (6.6.25)$$

Если $V_K = V_{пк}$, $V_M = V_{мк} = 0,5 V_{пк}$,

$$\text{то } \Delta K_M = \arcsin \left(2 \sin \frac{\alpha - q_K}{2} \right) - \frac{\alpha - q_K}{2}.$$

Промежуточный курс i -го корабля охранения, оказавшегося за линией поворотов,

$$K_{M_i} = K_{K_2} + \Delta K_{M_i}.$$

Время маневра внутреннего, оказавшегося за линией поворотов корабля

$$t_{и} = \frac{S_p}{V_p} + \frac{\pi}{60v_{и}}. \quad (6.6.26)$$

Из треугольника gOh на основании теоремы синусов:

$$\frac{V_p}{\sin \Delta K_M} = \frac{V_M}{\sin \frac{\alpha - q_K}{2}}$$

и

$$V_p = \frac{V_M \sin \Delta K_M}{\sin \frac{\alpha - q_K}{2}}. \quad (6.6.27)$$

Из треугольника позиций $C_0 B_0 B'_1$ относительное перемещение корабля B

$$S_p = B_0 B'_1 = 2C_0 B_0 \sin \frac{\alpha}{2},$$

где из треугольника $OC_0 B_0$

$$C_0 B_0 = 2R_{к0} \sin \frac{q_K}{2},$$

следовательно,

$$S_p = 4R_{к0} \sin \frac{q_K}{2} \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (6.6.28)$$

Учитывая значение ΔK_M , вычисленное по формуле (6.6.25), и выполнив преобразования в формуле (6.6.27), получим относительную скорость корабля B

$$V_s = V_K \cos \frac{\alpha - q_K}{2} - V_M \sqrt{\left(1 - \frac{V_K}{V_M}\right)^2 \sin^2 \frac{\alpha - q_K}{2}}. \quad (6.6.29)$$

Согласно формуле (6.6.26) с учетом значений S_p и V_p , полученных соответственно по формулам (6.6.28) и (6.6.29), время маневра корабля, оказавшегося за линией поворотов,

$$t_m = \frac{24R_{ко} \sin \frac{q_K}{2} \sin \frac{\alpha}{2}}{V_K \cos \frac{\alpha - q_K}{2} - V_M \sqrt{1 - \left(\frac{V_K}{V_M}\right)^2 \sin^2 \frac{\alpha - q_K}{2}}} + \frac{\alpha + 24K_M}{60\omega_{ц}}. \quad (6.6.30)$$

Во избежание промаха в расчетах курса маневра (K_{M_i}) следует помнить, что корабли охранения, оказавшиеся за линией поворотов (курсовые углы $q_{K_i} < \alpha$), изменяют курс в указанную (ту же, что и весь ордер) сторону на угол α_i , превышающий угол изменения курса ордера $\alpha = K_{K_2} - K_{K_1}$, на величину ΔK_{M_i} :

$$\alpha_i = K_{M_i} - K_{K_1} = (K_{K_2} - K_{K_1}) + \Delta K_{M_i} = \alpha + \Delta K_{M_i}$$

Из анализа формул (6.6.25) и (6.6.10) следует, что для корабля, оказавшегося на линии поворотов (курсовой угол $q_{K_i} = \alpha$), $\Delta K_{M_i} = 0$ и $t_{i_i} = 0$; следовательно, с получением исполнительного сигнала этому кораблю необходимо сразу же лечь на назначенный курс ($K_{M_i} = K_{K_2}$) и занимать позицию путем отставания ($V_M = V_{мх}$). В этом случае согласно формуле (6.6.30) время маневра

$$t_m = \frac{12R_{ко}}{V_{мх}} (1 - \cos \alpha) + \frac{\alpha}{60\omega_{ц}}. \quad (6.6.31)$$

Анализ формулы (6.6.25) показывает, что при $V_M = 0,5V_{мх} = 0,5V_K$ и $\alpha - q_{K_i} > 60^\circ$ выражение для ΔK_M терпит „разрыв“. Это значит, что если угол изменения курса ордера α превышает курсовой угол q_{K_i} позиции внутреннего корабля на величину, большую 60° , т. е. $\alpha - q_{K_i} > 60^\circ$, то скорость малого хода становится недостаточной для занятия позиции относительно уравнивателя на новом курсе.

Если $V_M = 0,75V_{мх}$, т. е. $V_M = V_{сх}$, то в выражении ΔK_M (формула 6.6.25) наступает разрыв лишь при $\alpha - q_{K_i} > 97^\circ$.

Следовательно, при применении способа захождения для изменения курса ордера на углы α в диапазоне $60^\circ + q_{K_i} < \alpha < 97^\circ + q_{K_i}$ внутренним кораблям, находящимся на курсовых углах $q_{K_i} < \alpha$, необходимо маневрировать на скорости среднего хода.

В результате изменения курса ордера способом захождения пеленги равнения кораблей охранения на уравниватель (корабль C) изменятся на величину угла изменения курса ($\Pi_{p_{2i}} = \Pi_{p_{1i}} + \alpha$), а дистанции равнения (D_p) останутся без изменения.

Время поворота (изменения курса) ордера зависит от времени маневра внешнего флангового корабля A (рис. 6.6.1) и определяется

временем занятия им своего места в порядке на новом курсе (формула 6.6.5).

С учетом требований, предъявляемых к маневрированию кораблей при совместном плавании, оценим рассмотренный способ изменения курса ордера.

Достоинства способа захождения:

— возможность изменения курса ордера с различными видами охранения;

— простота выполнения маневра (маневр выполняется всеми кораблями, кроме оказавшихся за линией поворотов, без промежуточных курсов);

— безопасность от столкновений;

— с уменьшением угла изменения курса ордера α время маневра t_n (формула 6.6.5) уменьшается (t_n зависит от $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$: при $\alpha \rightarrow 0 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \rightarrow 0$ и $t_n \rightarrow 0$).

Недостатки способа:

— необходимость изменения скоростей хода кораблей в процессе маневра;

— с увеличением угла изменения курса ордера α время маневра t_n возрастает (при $\alpha \rightarrow 180^\circ \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \rightarrow \infty$, $t_n \rightarrow \infty$).

Поворот способом кратчайших расстояний применяется для изменения курса ордера с теми же видами охранения, что и поворот способом захождения. Он позволяет сократить общее время изменения курса ордера по сравнению со способом захождения. Это достигается маневрированием кораблей охранения не двумя курсами, как в способе захождения, а одним.

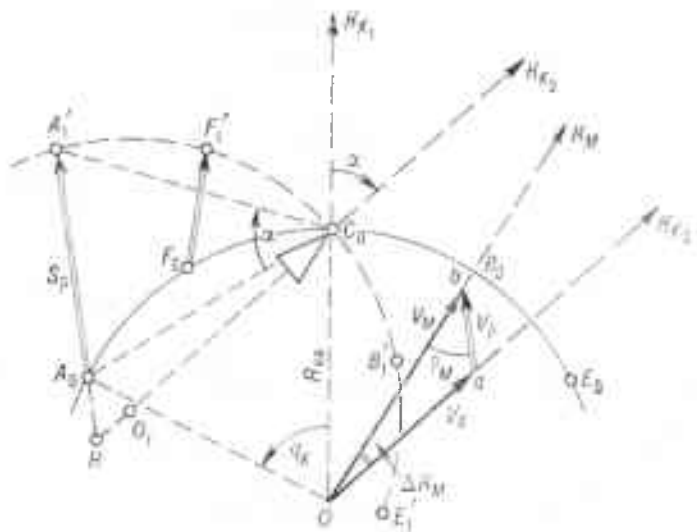


Рис. 6.6.5

Рассмотрим маневрирование кораблей в порядке с охранением завесой при изменении курса способом кратчайших расстояний.

На время маневра уравнителем для кораблей охранения становится корабль с тактическим номером 1 или уравнительная точка C_0 (рис. 6.6.5).

По исполнительному сигналу:

а) УРАВНИТЕЛЬ ЗАВЕСЫ, не изменяя скорости хода ($V_{пх}$), ложится на назначенный курс;

б) ОХРАНЯЕМЫЕ КОРАБЛИ продолжают следовать прежним курсом ($K_{К_1}$) и скоростью ($V_{пх}$), затем в рассчитанный момент времени начинают поворот на назначенный курс одним из способов:

— способом «все вдруг» в тот момент, когда центр ордера выйдет на линию охранения на старом курсе ($A_0F_0C_0B_0E_0$), т. е. после исполнительного сигнала сместится на расстояние, равное $R_{ко}$, — применяется в любом строю;

— способом последовательного поворота в тот момент, когда головной корабль выйдет на линию охранения на старом курсе — применяется только в строю кильватера;

— способом кратчайших расстояний в тот момент, когда уравнитель строя выйдет на линию, проходящую через позицию C_0 под углом $90^\circ + \frac{\alpha}{2}$ к линии старого курса ($K_{К_1}$), — применяется в любом строю;

в) КОРАБЛИ ОХРАНЕНИЯ ложатся на рассчитанные (промежуточные) курсы для занятия позиций на прежних курсовых углах и расстояниях относительно уравнителя завесы на новом курсе; при этом внешние (относительно стороны поворота) корабли дают самый полный ход, внутренние — малый ход. Поворот каждого корабля охранения на назначенный курс начинается с таким расчетом, чтобы к концу циркуляции занять свою позицию относительно уравнителя; с занятием позиции дается назначенный ход ($V_{пх}$).

Маневр изменения курса ордера считается законченным тогда, когда все корабли охранения займут свои позиции на новом курсе. Общее время маневра каждого корабля охранения определяется:

— временем лежания на рассчитанном курсе для занятия своей позиции (t);

— временем циркуляции ($t_{ц} = \frac{\alpha}{60\omega_{ц}}$).

С получением предварительного сигнала об изменении курса ордера на каждом корабле охранения, кроме уравнителя, рассчитывается промежуточный курс ($K_{К_1}$) и время лежания на нем (t_l).

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра кораблей охранения (рис. 6.6.4, 6.6.5):

— через позицию C_0 уравнителя кораблей охранения проводится линия нового курса $K_{К_2}$, и на ее продолжении в обратном направлении откладывается отрезок, равный радиусу окружности охранения $C_0O_1 = C_0O = R_{ко}$;

— из полученной точки O_1 радиусом $R_{ко}$ проводится дуга ($A_1'F_1'C_0B_1'E_1'$) окружности охранения (линия охранения) и на ней наносятся позиции кораблей охранения на новом курсе. Относительные перемещения кораблей охранения для занятия своих позиций на новом курсе: $\overline{A_0A_1}$, $\overline{B_0B_1}$, $\overline{F_0F_1}$;

— промежуточные курсы кораблей охранения рассчитываются построением треугольников скоростей: на рис. 6.6.5 — для внешнего корабля (исходная позиция A_0) треугольник скоростей Oav , курс K_M ; на рис. 6.6.4 — для внутреннего корабля (исходная позиция B_0)

треугольник скоростей Oge , курс K_M с меньшим углом отворота от назначенного курса K_K ;

— время лежания на рассчитанном курсе:
для корабля A

$$t_A = \frac{S_T}{V_p} = \frac{A_0 A_1}{ab}; \quad (6.6.32)$$

для корабля B

$$t_B = \frac{S_T}{V_p} = \frac{B_0 B_1}{ge}.$$

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра кораблей охранения (рис. 6.6.4, 6.6.5). Промежуточный курс i -го корабля $K_{M_i} = K_{K_2} \div \Delta K_{M_i}$;

время маневра i -го корабля

$$t_n = t_i + t_n = \frac{S_{ei}}{V_{pi}} + \frac{\alpha}{60 \sin \alpha}; \quad (6.6.33)$$

Расчет маневра для внутренних кораблей при способе кратчайших расстояний аналогичен расчету маневра корабля охранения, оказавшегося за линией поворотов при выполнении поворота ордера способом захождения (рис. 6.6.4), формулы (6.6.26), (6.6.28) \div (6.6.30) с учетом формулы (6.6.33).

Приведем окончательные результаты:

— промежуточный курс внутреннего i -го корабля охранения

$$K_{M_i} = K_{K_2} + \Delta K_{M_i};$$

— поправка к назначенному курсу

$$\Delta K_{M_i} = \arcsin \left(\frac{V_{nx}}{V_{M_i}} \sin \frac{\alpha - q_{K_i}}{2} \right) - \frac{\alpha - q_{K_i}}{2};$$

— относительное перемещение

$$S_{ei} = 4R_{ko} \sin \frac{q_{M_i}}{2} \sin \frac{\alpha}{2};$$

— относительная скорость

$$V_{pi} = V_{nx} \cos \frac{\alpha - q_{K_i}}{2} - V_{M_i} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{nx}}{V_{M_i}} \right)^2 \sin^2 \frac{\alpha - q_{K_i}}{2}};$$

— время маневра

$$t_{pi} = \frac{24R_{ko} \sin \frac{q_{M_i}}{2} \sin \frac{\alpha}{2}}{V_{nx} \cos \frac{\alpha - q_{K_i}}{2} - V_{M_i} \sqrt{1 - \left(\frac{V_{nx}}{V_{M_i}} \right)^2 \sin^2 \frac{\alpha - q_{K_i}}{2}}} + \frac{\alpha}{60 \sin \alpha};$$

где $V_{M_i} = V_{nx}$ при $\alpha < 60^\circ + q_{K_i}$;

$V_{M_i} = V_{cx}$ при $60^\circ + q_{K_i} < \alpha \leq 97^\circ + q_{K_i}$.

Расчет маневра внешнего корабля (исходная позиция A_0 , рис. 6.6.5). Из треугольника позиций $A_0 A_1 C_0$ найдем относительное перемещение

$$S_p = 2A_0 C_0 \sin \frac{\alpha}{2} = 4R_{к0} \sin \frac{q_K}{2} \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (6.6.34)$$

Для нахождения курса внешнего корабля $K_M = K_{K_2} + \Delta K_M$ рассмотрим треугольник скоростей Oab , где обозначим углы: $\varphi_M = \angle Oba = K_M - K_p$; $\varphi_K = 180^\circ - \angle baO = K_{K_2} - K_p$.

Поправка к назначенному курсу

$$\Delta K_M = K_M - K_{K_2} = \varphi_K - \varphi_M. \quad (6.6.35)$$

На основании теоремы синусов

$$\varphi_M = \arcsin \left(\frac{V_K}{V_M} \sin \varphi_K \right). \quad (6.6.36)$$

Для нахождения угла φ_K выполним дополнительное построение: продлим линии относительного перемещения S_p и назначенного курса K_{K_2} до пересечения их в точке H :

$$\angle A_1 H C_0 = \angle ba K_{K_2} = \varphi_K.$$

Из треугольника $HA_1 C_0$

$$\begin{aligned} \varphi_K = \angle A_1 H C_0 &= 180^\circ - \angle C_0 A_1 H - \angle A_1 C_0 H = 180^\circ - \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2} \right) - \\ &- \left(90^\circ - \frac{q_K}{2} \right) = \frac{q_K + \alpha}{2}. \end{aligned} \quad (6.6.37)$$

По формуле (6.6.35) с учетом значений углов φ_M (формула 6.6.36) и φ_K (формула 6.6.37)

$$\Delta K_M = \frac{q_K + \alpha}{2} - \arcsin \left(\frac{V_K}{V_M} \sin \frac{q_K + \alpha}{2} \right). \quad (6.6.38)$$

Курс любого внешнего корабля охранения для занятия позиции

$$K_{M_i} = K_{K_2} + \Delta K_{M_i}.$$

Из треугольника скоростей Oab на основании теоремы синусов с учетом значений φ_M и ΔK_M после преобразований получим относительную скорость внешнего корабля

$$V_p = V_M \sqrt{1 - \left(\frac{V_K}{V_M} \right)^2 \sin^2 \frac{q_K + \alpha}{2}} - V_K \cos \frac{q_K + \alpha}{2}. \quad (6.6.39)$$

По формуле (6.6.33) с учетом формул (6.6.34) и (6.6.39) получим время маневра внешнего корабля

$$t_m = \frac{24R_{к0} \sin \frac{q_K}{2} \sin \frac{\alpha}{2}}{V_M \sqrt{1 - \left(\frac{V_K}{V_M} \right)^2 \sin^2 \frac{q_K + \alpha}{2}} - V_K \cos \frac{q_K + \alpha}{2}} + \frac{\alpha}{60\omega_{вк}}. \quad (6.6.40)$$

В результате изменения курса ордера способом кратчайших расстояний пеленги равнения кораблей охранения на уравниватель (корабль С) изменяются на величину угла изменения курса ($\Pi_{p_{2i}} = \Pi_{p_{1i}} + \alpha$), а дистанции равнения ($D_{p_{2i}}$) останутся без изменения.

Время поворота (изменения курса) ордера зависит от времени маневра внешнего флангового корабля А (рис. 6.6.5) и определяется временем занятия им своего места в ордере на новом курсе (формула 6.6.40).

С учетом требований, предъявляемых к маневрированию кораблей при совместном плавании, достоинства способа кратчайших расстояний:

— возможность изменения курса ордера с различными видами охранения;

— безопасность от столкновений;

— с уменьшением угла изменения курса ордера α время маневра t_n , формула (6.6.40), уменьшается (t_n зависит от $\sin \frac{\alpha}{2}$: при $\alpha \rightarrow 0 \sin \frac{\alpha}{2} \rightarrow 0$ и $t_n \rightarrow 0$);

— значительное сокращение времени маневра по сравнению со способом захождения при увеличении угла α .

Недостатки способа:

— необходимость изменения скоростей хода кораблей в процессе маневра;

— с увеличением угла изменения курса ордера α время маневра t_n возрастает;

— необходимость расчета курса каждого корабля.

Поворот способом разделения применяется в ордерах с охранением завесой и с круговым охранением.

Перед выполнением маневра производится изменение тактических номеров кораблей охранения по специальному правилу.

В ходе маневра корабли охранения занимают позиции на линии охранения на новом курсе ордера в соответствии с новыми тактическими номерами так, чтобы сомкнуть линию охранения к моменту окончания поворота на новый курс середины строя охраняемых кораблей (центра ордера). Время уравнивания маневра кораблей (время лежания на курсе для занятия позиции)

$$t_{yp} = \frac{6R_{ко}}{V_{пк}}. \quad (6.6.41)$$

Вначале рассмотрим маневрирование кораблей при изменении курса ордера **способом разделения в ордере с охранением завесой**. На время маневра уравнивателем для кораблей охранения становится корабль с тактическим номером 1 (рис. 6.6.6) или уравнивательная точка C_0 (рис. 6.6.7).

Правила изменения тактических номеров. Изменение тактических номеров кораблей охранения производится в зависимости от их положения относительно линии разделения ($лр$). В ордере с охранением завесой линией разделения служит линия старого курса ($K_{ст}$), проходящая через центр ордера (рис. 6.6.6). Корабль № 1 номера не изменяет. Нечетные тактические номера становятся четными, четные — нечетными. При этом:

а) корабли охранения, внешние относительно стороны поворота, численного значения курсовых углов (в полукруговом счете) относительно центра ордера не изменяют;

б) внутренние корабли курсовые углы в полукруговом счете изменяют, т. е. корабль охранения, ближайший к кораблю № 1, становится новым фланговым, старый фланговый — ближайшим к № 1,

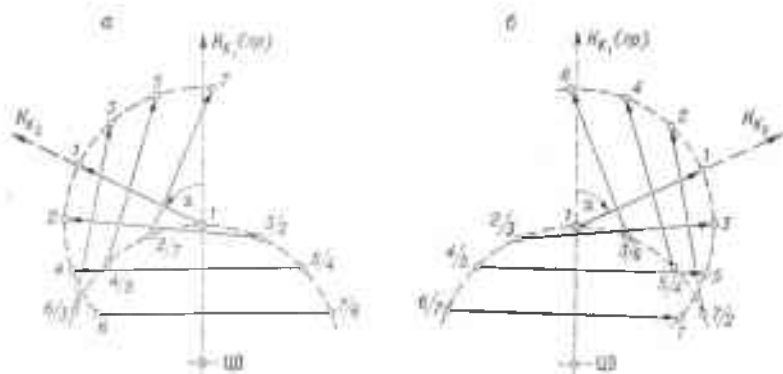


Рис. 6.6.6

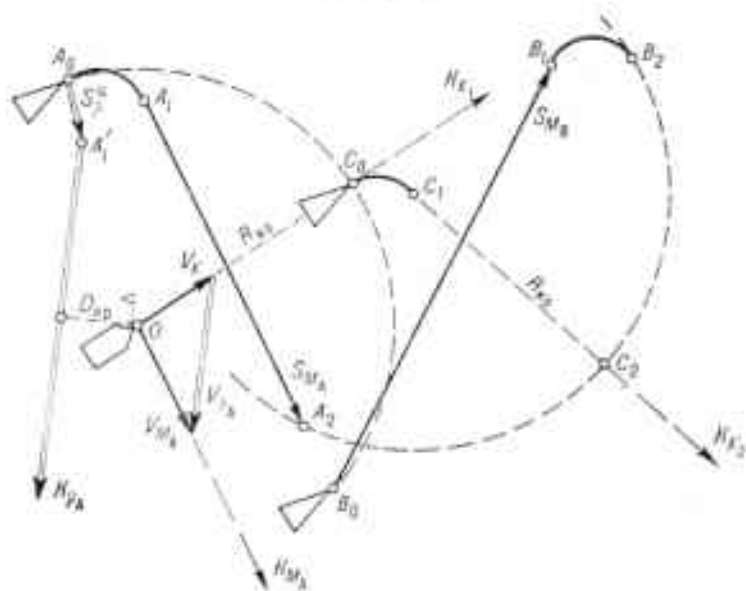


Рис. 6.6.7

а остальные корабли охранения получают тактические номера в порядке возрастания, считая по линии охранения от старого флангового корабля в направлении к кораблю № 1.

На рис. 6.6.6 в числителе показаны старые, а в знаменателе — новые тактические номера. Для нахождения новых тактических номеров может быть использована зависимость:

а) корабли, внешние относительно стороны поворота:

— поворот влево

$$N_{\text{нов}} = N_{\text{ст}} - 1;$$

— поворот вправо

$$N_{\text{нов}} = N_{\text{ст}} + 1;$$

б) корабли, внутренние относительно стороны поворота (независимо от стороны изменения курса):

— нечетное количество кораблей охранения

$$N_{\text{нов}} = (n + 2) - N_{\text{ст}};$$

— четное количество кораблей охранения

$$N_{\text{нов}} = (n + 3) - N_{\text{ст}};$$

где n — количество кораблей охранения;

$\mathcal{L}_{\text{ст}}^{\delta}$ — старый тактический номер ($\mathcal{L}_{\text{ст}}^{\delta} \neq 1$);

$\mathcal{L}_{\text{нов}}^{\delta}$ — новый тактический номер.

По исполнительному сигналу:

а) УРАВНИТЕЛЬ завесы, не изменяя скорости хода ($V_{\text{пх}}$), ложится на назначенный курс;

б) ОХРАНЯЕМЫЕ корабли продолжают следовать прежним курсом (K_K) и скоростью ($V_{\text{пх}}$), затем в рассчитанный момент времени начинают поворот на назначенный курс одним из способов:

— способом «все вдруг» в тот момент, когда центр ордера выйдет на линию охранения на старом курсе ($A_0C_0B_0$, рис. 6.6.7), т. е. после исполнительного сигнала сместится на расстояние, равное $R_{\text{ко}}$, — применяется в любом строю;

— способом последовательного поворота в тот момент, когда головной корабль выйдет на линию охранения на старом курсе, — применяется только в строю кильватера;

— способом захождения в тот момент, когда уравниватель строя выйдет на линию поворотов, проходящую через позицию C_0 (направление $\Delta\alpha = K_K + 90^\circ \pm 0,5\alpha$), — применяется в любом строю;

в) КОРАБЛИ ОХРАНЕНИЯ ложатся на рассчитанные (промежуточные) курсы и дают рассчитанные скорости хода для занятия позиций на линии охранения на новом курсе ордера. Поворот каждого корабля охранения на назначенный курс начинают с таким расчетом, чтобы к концу циркуляции занять свою позицию относительно уравнивателя; одновременно с занятием позиции дается назначенный ход ($V_{\text{пх}}$).

Время маневра каждого корабля охранения определяется:

— временем лежания на рассчитанном курсе для занятия своей позиции, т. е. временем уравнивания ($t_{\text{ур}} = \frac{6R_{\text{ко}}}{V_{\text{пх}}}$);

— временем циркуляции ($t_{\text{ц}} = \frac{\pi}{\omega_{\text{цикл}}}$).

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис. 6.6.7, 6.6.8, 6.6.9). С получением предварительного сигнала об изменении курса ордера на каждом корабле определяется свой новый тактический номер и рассчитывается время уравнивания ($t_{\text{ур}}$).

При расчете маневра в абсолютном движении (рис. 6.6.7):

а) из точки C_0 пересечения линии охранения с линией старого курса K_{K_1} , проведенной из центра ордера O , описывается дуга циркуляции C_0C_1 и затем из точки окончания циркуляции C_1 проводится линия нового курса ордера K_{K_2} ;

б) вокруг точки C_1 проводится линия охранения (дуга радиусом $R_{\text{ко}} = OC_0 = C_1C_2$) и на нее наносятся позиции A_2, B_2, C_2 кораблей охранения на новом курсе;

в) с учетом циркуляции проводятся линии курса каждого корабля охранения A_1A_2 и B_0B_1 для следования из старой позиции A_0 и B_0 в новую A_2 и B_2 согласно новому тактическому номеру;

г) для уравнивания времени маневра рассчитываются скорости хода кораблей охранения:

для корабля A

$$V_{MA} = \frac{S_{MA}}{t_{\text{ур}}};$$

для корабля В

$$V_{M_B} = \frac{S_{M_B}}{t_{12}}$$

для i -го корабля

$$V_{M_i} = \frac{S_{M_i}}{t_{1p}}$$

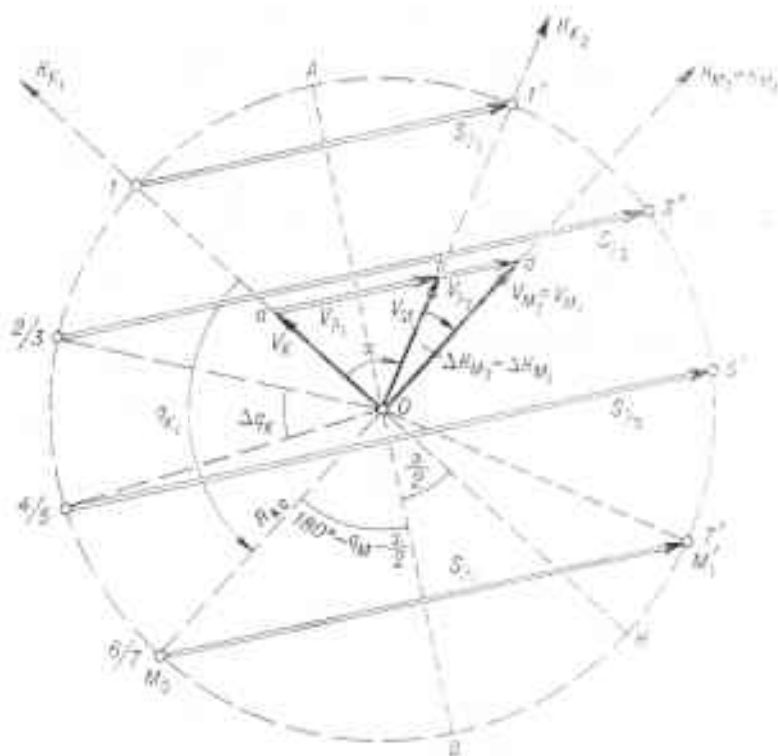


Рис. 6.6.8

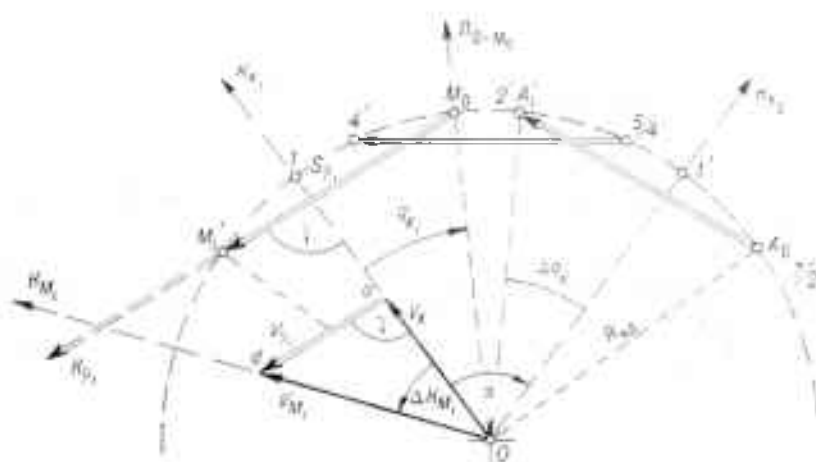


Рис. 6.6.9

При расчете маневра в относительном движении (рис. 6.6.8, 6.6.9):

а) через центр ордера (O) проводится линия нового курса $K_{\text{н}}$ до пересечения с линией охранения (точка $1'$). Так находится позиция уравнивателя (корабля охранения № 1) относительно центра ордера на новом курсе;

б) затем с учетом расстояния между кораблями на линию охранения наносятся новые относительные позиции остальных кораблей охранения ($2', 3', 4', 5', 6', 7'$);

в) рассчитывается маневр для перемены позиции (за время t_{yp}) относительно центра ордера, следующего старым курсом K_K и скоростью $V_K = V_{\text{пк}}$:

— относительные скорости кораблей охранения при выполнении маневра

$$V_{\rho_2} = \frac{S_{\rho_2}}{t_{yp}}; \quad V_{\rho_3} = \frac{S_{\rho_3}}{t_{yp}}; \quad V_{\rho_i} = \frac{S_{\rho_i}}{t_{yp}}; \quad (6.6.42)$$

— скорости (V_{M_i}) и курсы (K_{M_i}) кораблей охранения для выполнения маневра находят построением треугольников скоростей (на рис. 6.6.8, например, показан расчет маневра корабля № 1 — треугольник скоростей Oab и внешнего корабля с новым номером 7 — треугольник скоростей Oad ; на рис. 6.6.9 — расчет маневра внутреннего корабля — треугольник скоростей Oad).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра внешних кораблей. На рис. 6.6.8 представлены треугольник позиций $OM_0M'_1$ и треугольник скоростей Oad i -го корабля. Промежуточный курс внешнего i -го корабля (исходная позиция M_0 , курсовой угол относительно центра ордера q_{K_i})

$$K_{M_i} = K_{K_2} + \Delta K_{M_i} \quad (6.6.43)$$

Для нахождения скорости выполнения маневра (V_{M_i}) и поправки к назначенному курсу (ΔK_{M_i}) решим треугольник скоростей Obd . Здесь: $V_{M_i} = V_K$; $\angle abO = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}$. На основании теоремы синусов

$$\frac{bd}{\sin \Delta K_{M_i}} = \frac{Ob}{\sin \angle bdO}. \quad (6.6.44)$$

Обозначим:

$$bd = \Delta V_{\rho_i} = ad - ab = V_{\rho_i} - V_{\rho_1};$$

$$Ob = V_{M_i} = V_K = V_{\text{пк}};$$

$$\angle bdO = \angle abO - \Delta K_{M_i} = 90^\circ - \frac{\alpha}{2} - \Delta K_{M_i}.$$

С учетом принятых обозначений, решив уравнение (6.6.44) относительно ΔK_{M_i} , получим поправку к назначенному курсу

$$\Delta K_{M_i} = \arcsin \frac{\Delta V_{\rho_i} \cos \frac{\alpha}{2}}{\sqrt{\Delta V_{\rho_i}^2 + V_K^2 + 2\Delta V_{\rho_i} V_K \sin \frac{\alpha}{2}}}. \quad (6.6.45)$$

Так как относительные скорости корабля № 1 и i -го корабля равны соответственно

$$V_{1i} = \frac{S_{1i}}{t_{yp}} \text{ и } V_{i1} = \frac{S_{i1}}{t_{yp}},$$

то

$$\Delta V_{\rho_i} = \frac{S_{1i} - S_{i1}}{t_{yp}} = \frac{S_{2i} - S_{i1}}{R_{ко}} V_{пк}. \quad (6.6.46)$$

Для нахождения относительных перемещений S_{ρ_i} и S_{ρ_1} разделим $\angle 1 O 1' = \alpha$ биссектрисой AB . По построению $AB \perp \overline{S_{1i}}$ и $AB \perp \overline{S_{\rho_1}}$. Продлим линию старого курса (K_{K_1}) в противоположную сторону (линия OH). Из треугольников $1 O 1'$ и $OM_0 M_i$:

$$S_{\rho_1} = 2R_{ко} \sin \frac{\alpha}{2},$$

$$S_{\rho_i} = 2R_{ко} \sin \left(\frac{\alpha}{2} - q_{K_i} \right).$$

Подставив полученные значения S_{ρ_i} и S_{ρ_1} в формулу (6.6.46) и выполнив преобразования, получим

$$\Delta V_{\rho_i} = 2V_K \left[\sin \left(\frac{\alpha}{2} - q_{K_i} \right) - \sin \frac{\alpha}{2} \right].$$

После подстановки значения ΔV_{ρ_i} в формулу (6.6.45) и выполнения преобразований поправка к назначенному курсу для внешнего корабля

$$\Delta K_{M_i} = \arcsin \frac{\sin(\alpha - q_{K_i}) - \sin \alpha - \sin q_{K_i}}{\sqrt{3 - 2[\cos(\alpha - 2q_{K_i}) - \cos(\alpha - q_{K_i}) + \cos q_{K_i}]}}. \quad (6.6.47)$$

Промежуточный курс внешнего корабля рассчитывается по формуле (6.6.43) с учетом формулы (6.6.47). Нетрудно видеть, что промежуточный курс не зависит от назначенной скорости хода соединения ($V_{пк}$) и от параметра охранения ордера ($R_{ко}$), а зависит только от угла изменения курса ордера (α) и от курсового угла (q_{K_i}) на исходную позицию корабля охранения.

Найдем скорость внешнего i -го корабля охранения для выполнения маневра. Из треугольника скоростей Obd на основании теоремы синусов

$$\frac{V_{M_i}}{\sin \left(90^\circ + \frac{\alpha}{2} \right)} = \frac{V_K}{\sin \left(90^\circ - \frac{\alpha}{2} - \Delta K_{M_i} \right)},$$

Откуда с учетом того, что $V_K = V_{пк}$,

$$V_{M_i} = \frac{V_{пк} \cos \frac{\alpha}{2}}{\cos \left(\frac{\alpha}{2} + \Delta K_{M_i} \right)}, \quad (6.6.48)$$

где ΔK_{M_i} рассчитывается по формуле (6.6.47).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра внутренних кораблей. На рис. 6.6.9 треугольник позиций $OM_0M'_1$, треугольник скоростей Oad . Промежуточный курс внешнего i -го корабля (исходная позиция M_0)

$$K_{M_i} = K_{K_i} + \Delta K_{M_i}. \quad (6.6.49)$$

Из треугольника Oad на основании теоремы синусов

$$\frac{V_{\rho_i}}{\sin \Delta K_{M_i}} = \frac{V_K}{\sin [180^\circ - (\Delta K_{M_i} + \gamma)]},$$

откуда поправка к назначенному курсу

$$\Delta K_{M_i} = \operatorname{arccctg} \left(\frac{V_K}{V_{\rho_i} \sin \gamma} - \operatorname{ctg} \gamma \right). \quad (6.6.50)$$

где $\gamma = K_{K_i} - 180^\circ - K_{\rho_i}$; $V_{\rho_i} = \frac{S_{\rho_i}}{t_{yp}}$. (6.6.51)

Найдем K_{ρ_i} , угол γ и V_{ρ_i} . Относительный курс при выполнении маневра

$$K_{\rho_i} = \Pi_{o-m_0} - 180^\circ + \angle M'_1 M_0 O = K_{K_i} + q_{K_i} - 180^\circ + \angle M'_1 M_0 O. \quad (6.6.52)$$

Из равнобедренного треугольника $OM_0M'_1$ найдем

$$\angle M'_1 M_0 O = 90^\circ - \frac{\angle M_0 O M'_1}{2}. \quad (6.6.53)$$

Треугольники $OM_0M'_1$ и $OA_0A'_1$ равны по построению, поэтому

$$\angle M_0 O M'_1 = \angle A_1 O A_0 = \angle K_{K_2} O A_0 + \angle K_{K_2} O A'_1,$$

где $\angle K_{K_2} O A_0 = \angle K_{K_1} O A_0 - \alpha$;

$\angle K_{K_1} O A'_0 = \Delta q_K$ — угловое расстояние между соседними кораблями охранения;

$\angle K_{K_1} O A_0 = 0,5 \Delta q_K (n-1)$ — курсовой угол позиции флангового корабля завесы.

С учетом значений $\angle K_{K_2} O A'_1$ и $\angle K_{K_2} O A_0$ обозначим

$$\frac{\angle M_0 O M'_1}{2} = \frac{0,5 \Delta q_K (n+1) - \alpha}{2} = \beta. \quad (6.6.54)$$

По формуле (6.6.52) с учетом формул (6.6.53) и (6.6.54) промежуточный относительный курс внутреннего корабля

$$K_{\rho_i} = K_{K_i} + q_{K_i} - 90^\circ - \beta, \quad (6.6.55)$$

согласно формуле (6.6.51) с учетом полученного значения K_{ρ_i} (формула 6.6.55)

$$\gamma = -(90^\circ + \beta - q_{K_i}). \quad (6.6.56)$$

Из треугольника $OM_0M'_1$ относительное перемещение

$$S_{\rho_i} = 2R_{к0} \sin \frac{\angle M_0 O M'_1}{2} = 2R_{к0} \sin \beta. \quad (6.6.57)$$

Откуда с учетом формул (6.6.42) и (6.6.41) относительная скорость

$$V_{M_i} = 2V_K \sin \beta. \quad (6.6.58)$$

На основании формулы (6.6.50) с учетом значений γ (формула 6.6.56) и V_p (формула 6.6.58) поправка к назначенному курсу внутреннего корабля

$$\Delta K_{M_i} = \text{arccctg} \left[\frac{0,5}{\sin \beta \cos (\beta - q_{K_i})} - \text{tg} (\beta - q_{K_i}) \right]. \quad (6.6.59)$$

При условии

$$\left| \frac{0,5}{\sin \beta \cos (\beta - q_{K_i})} \right| < \left| \text{tg} (\beta - q_{K_i}) \right|,$$

значение ΔK_{M_i} рассчитывается по формуле

$$\Delta K_{M_i} = \text{arccctg} \left[\frac{0,5}{\sin \beta \cos (\beta - q_{K_i})} - \text{tg} (\beta - q_{K_i}) \right] + 180^\circ. \quad (6.6.60)$$

Скорость при выполнении маневра найдем из треугольника *Oad*. На основании теоремы синусов с учетом того, что $V_K = V_{nx}$:

$$V_{M_i} = \frac{V_{p_i} \sin \gamma}{\sin \Delta K_{M_i}} = 2V_{nx} \frac{\sin \beta \cos (\beta - q_{K_i})}{\sin \Delta K_{M_i}} \quad (6.6.61)$$

или на основании теоремы косинусов

$$\begin{aligned} V_{M_i} &= \sqrt{V_{nx}^2 + V_{p_i}^2 - 2V_{nx}V_{p_i} \cos \gamma} = \\ &= 2V_{nx} \sqrt{0,25 + \sin^2 \beta + \sin \beta \cos (\beta - q_{K_i})}. \end{aligned} \quad (6.6.62)$$

Нетрудно заметить (рис. 6.6.6, 6.6.7, 6.6.8, 6.6.9), что при выполнении маневра курсы кораблей пересекаются, следовательно, существует опасность столкновения. Поэтому при расчете маневра в абсолютном движении на каждом корабле необходимо оценить безопасность маневра, для чего целесообразно использовать метод относительного движения с учетом смещения корабля за время циркуляции $S^0 = A_0 A_1^1$ (рис. 6.6.7).

Достоинства способа разделения при применении его в порядке с охранением завесой:

— время маневра практически не зависит от угла изменения курса α ;

— все корабли завершают маневр одновременно.

Недостатки способа:

— существует опасность столкновения, так как курсы кораблей пересекаются;

— сложность маневра требует тщательной отработки совместного плавания кораблей и исключает возможность применения способа в условиях ограниченной видимости и темного времени суток;

— при углах изменения курса $\alpha < 100^\circ$ для выполнения маневра за время $t_{yp} = \frac{6R_{min}}{V_{nx}}$ может не хватить запаса скорости хода кораблей

охранения, т. е. может быть $V_{M_i} = \frac{S_{M_i}}{t_{yp}} > V_{снх}$, что приведет к увеличению времени поворота ордера ($t_n > t_{yp} + t_n$).

Маневрирование кораблей при изменении курса способом разделения в ордере с круговым охранением.

Правило изменения тактических номеров. Изменение тактических номеров кораблей охранения производится в зависимости от их положения относительно линии разделения $лр$. В ордере с круговым охранением линией разделения служит линия, проходящая через центр ордера (O) и позицию корабля охранения (3), ближайшего к линии нового курса ($K_{кн}$), проведенной через центр ордера (рис. 6.6.10). Корабль охранения, оказавшийся на линии разделения, получает номер 1; остальные корабли охранения: слева от линии разделения получают четные тактические номера в порядке увеличения (2, 4, 6, ...), справа — нечетные тактические номера в порядке увеличения (3, 5, ...). На рис. 6.6.10 в числителе показаны старые, а в знаменателе — новые тактические номера.

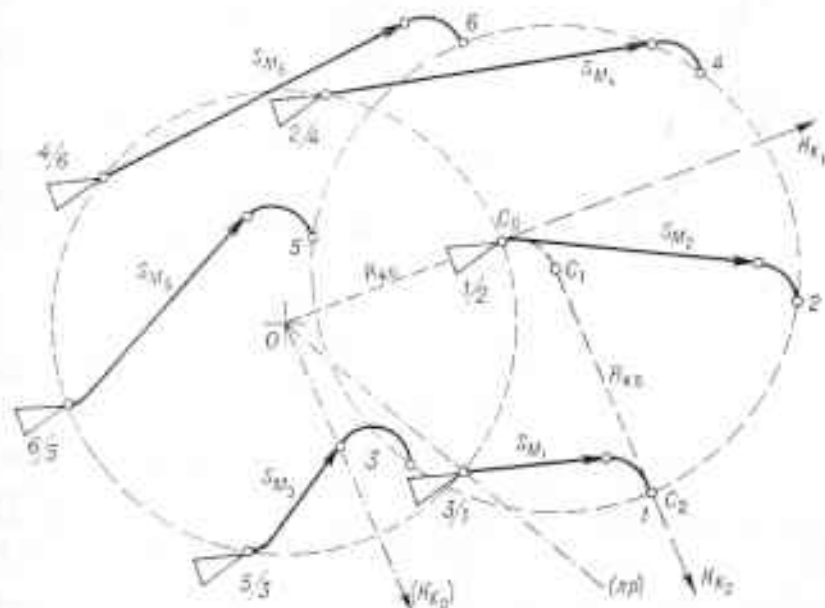


Рис. 6.6.10

По исполнительному сигналу:

а) ОХРАНЯЕМЫЕ корабли выполняют маневр так же, как и в ордере с охранением завесой;

б) корабли ОХРАНЕНИЯ ложатся на рассчитанные (промежуточные) курсы и дают рассчитанные скорости хода для занятия позиций на линии охранения на новом курсе:

— поворот каждого корабля охранения на назначенный курс начинается с таким расчетом, чтобы к концу циркуляции занять свою позицию в ордере; одновременно с занятием позиции дается назначенный ход ($V_{пх}$).

Время маневра каждого корабля охранения определяется:

— временем лежания на рассчитанном курсе для занятия своей позиции ($t_{зр} = \frac{6R_{к0}}{V_{пх}}$);

— временем циркуляции ($t_{ц} = \frac{a}{60\omega_{ц}}$).

в) рассчитывается маневр для перемены позиции (за время t_{yp}) относительно центра ордера, следующего старым курсом K_K и скоростью $V_K = V_{nx}$:

— относительные скорости кораблей охранения при выполнении маневра

$$V_{\rho_1} = V_{\rho_2} = \dots = V_{\rho_i} = \frac{S_{\rho_1}}{t_{yp}} = \frac{S_{\rho_2}}{t_{yp}} = \dots = \frac{S_{\rho_i}}{t_{yp}},$$

— скорости (V_{M_i}) и курсы (K_{M_i}) кораблей охранения для выполнения маневра находят построением треугольников скоростей (на рис. 6.6.11 показан расчет маневра корабля № 2 — треугольник скоростей Oab и корабля № 3 — треугольник скоростей Oac).

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. На рис. 6.6.11 треугольник позиций $OM_0M'_1$, треугольник скоростей Oac . Промежуточный курс i -го корабля (исходная позиция M_0 , курсовой угол относительно центра ордера q_{K_i})

$$K_{M_i} = K_{K_i} + \Delta K_{M_i} \quad (6.6.63)$$

Для нахождения скорости выполнения маневра (V_{M_i}) и поправки к старому курсу (ΔK_{M_i}) решим треугольник скоростей Oac . На основании теоремы синусов

$$\frac{V_{M_i}}{\sin \rho_{K_i}} = \frac{V_K}{\sin (\rho_{K_i} - \Delta K_{M_i})},$$

откуда

$$\Delta K_{M_i} = \rho_{K_i} - \arcsin \left(\frac{V_K}{V_{M_i}} \sin \rho_{K_i} \right). \quad (6.6.64)$$

На основании теоремы косинусов скорость выполнения маневра

$$V_{M_i} = \sqrt{V_K^2 + V_{\rho_i}^2 - 2V_K V_{\rho_i} \cos (180^\circ - \rho_{K_i})}, \quad (6.6.65)$$

где

$$\rho_{K_i} = K_{\rho_i} - K_{K_i} = q_{K_i} + 90^\circ + \frac{1}{2}(K_{K_2} - \lambda p); \quad (6.6.66)$$

$$V_{\rho_i} = \frac{S_{\rho_i}}{t_{yp}} = \frac{S_{\rho_i} V_{nx}}{R_{ко}}. \quad (6.6.67)$$

Из треугольника перемещений $OM_0M'_1$ относительное перемещение i -го корабля

$$S_{\rho_i} = 2R_{ко} \sin \left| \frac{\Delta q_K}{2} \right| = 2R_{ко} \sin \left| \frac{K_{K_2} - \lambda p}{2} \right|. \quad (6.6.68)$$

Подставив значения S_{ρ_i} (формула 6.6.68) в формулу (6.6.67) и затем V_{ρ_i} (формула 6.6.67) в формулу (6.6.65), учтя, что $V_K = V_{nx}$, получим скорость i -го корабля

$$V_{M_i} = V_{nx} \sqrt{1 + 4 \sin \left| \frac{\Delta q_K}{2} \right| \left(\sin \left| \frac{\Delta q_K}{2} \right| + \cos \rho_{K_i} \right)}. \quad (6.6.69)$$

Промежуточный курс рассчитывается по формуле (6.6.63) с учетом формул (6.6.64), (6.6.66) и (6.6.69).

Достоинства способа разделения при применении его в порядке с круговым охранением:

— время маневра практически не зависит от угла изменения курса α ;

— все корабли завершают маневр одновременно;

— маневр безопасен.

Недостатки способа:

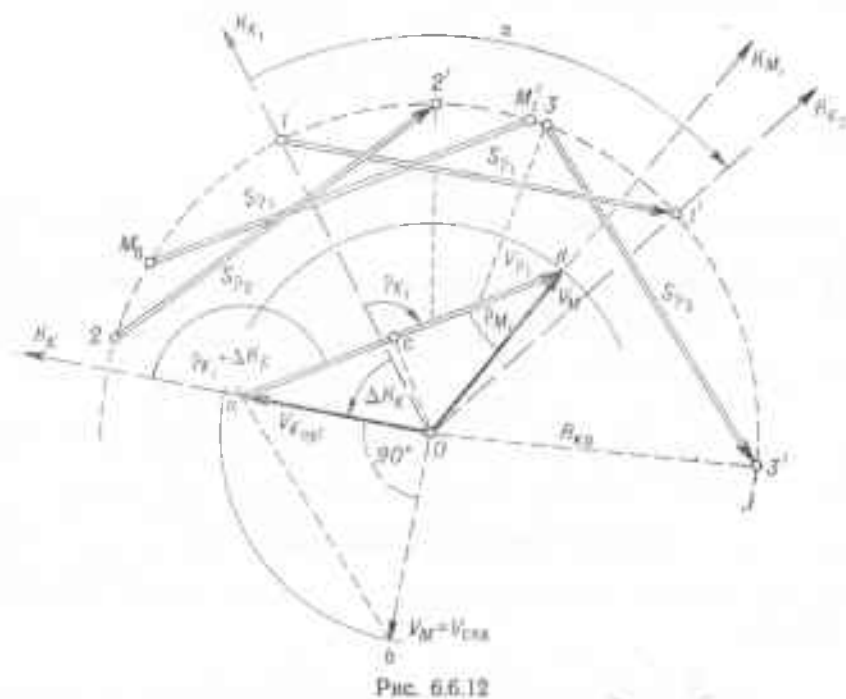
— для выполнения маневра кораблями охранения, находящимися на траверзных курсовых углах относительно центра ордера ($q_{K_1} \approx 90^\circ$

и $q_{K_1} \approx 270^\circ$, $R_{K_1} \approx 0$), за время $t_{yp} = \frac{6R_{оп}}{V_{оп}}$ при разности $\Delta q_K = (K_{K_2} - \dots - \lambda p) > 15^\circ$ может не хватить запаса скорости хода (формула 6.6.69),

т. е. может быть $V_{M_1} = \frac{S_{M_1}}{t_{yp}} > V_{спх}$, что приведет к увеличению времени поворота ордера ($t_{\alpha} > t_{yp} + t_{\alpha}$).

Поворот способом переориентирования применяется в ордерах с охранением завесой.

По исполнительному сигналу (рис. 6.6.12):



а) ОХРАНЯЕМЫЕ КОРАБЛИ способом «все вдруг» поворачивают на рассчитанный (промежуточный) курс ($K_K = K_{K_1} + \Delta K_K$) и дают рассчитанную скорость хода (V_K) так, чтобы обеспечить одновременное завершение маневра внешними и внутренними кораблями охранения;

б) КОРАБЛИ ОХРАНЕНИЯ увеличивают ход до самого полного ($V_{M_1} = V_{спх}$) и ложатся на рассчитанные (промежуточные) курсы для

занятия своих позиций на прежних курсовых углах относительно центра ордера на новом курсе;

— с занятием позиции каждый корабль охранения ложится на курс, равный промежуточному курсу охраняемых кораблей, и уравнивает скорость хода со скоростью охраняемых кораблей ($V_{M_i} = V_K$);

— поворот на новый курс всеми кораблями ордера начинается после занятия своих позиций фланговыми кораблями завесы и выполняется способом «все вдруг»;

— по окончании поворота на новый курс все корабли ордера дают назначенный ход ($V_{пк}$).

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра (рис. 6.6.12). С получением предварительного сигнала об изменении курса ордера:

а) через центр ордера O проводится линия нового курса K_K до пересечения с линией охранения (точка $1'$); так находится позиция корабля охранения № 1 относительно центра ордера на новом курсе;

б) с учетом расстояний между кораблями на линию охранения наносятся позиции остальных кораблей охранения ($2'$, M_1 и $3'$) относительно центра ордера на новом курсе;

в) проводятся векторы относительных перемещений кораблей охранения \bar{S}_{p_1} , \bar{S}_{p_2} , \bar{S}_{p_3} , \bar{S}_{p_i} ;

г) определяется промежуточный курс охраняемых кораблей K_K : он отличается от направления вектора относительного перемещения корабля № 1 (\bar{S}_{p_1}) на 180° ;

д) для определения скорости охраняемых кораблей V_K строится прямоугольный треугольник скоростей Oba :

— в направлении, перпендикулярном линии промежуточного курса охраняемых кораблей K_K , откладывается вектор скорости, соответствующий скорости самого полного хода ($\overline{Ob} = \bar{V}_M = \bar{V}_{спк}$);

— из конца вектора \bar{V}_M (точка b) параллельно вектору относительного перемещения одного из фланговых кораблей завесы (например, \bar{S}_{p_3}) проводится линия ba до пересечения с линией промежуточного курса охраняемых кораблей (точка a); длина полученного отрезка Oa соответствует скорости хода охраняемых кораблей ($V_{K_{исп}} = Oa$) на время изменения курса ордера;

е) построением треугольника скоростей Oda (рис. 6.6.12) рассчитывается промежуточный курс i -го корабля охранения K_{M_i} и время лежания корабля охранения на промежуточном курсе:

— для i -го корабля

$$t_i = \frac{S_{p_i}}{V_{M_i}}; \quad (6.6.70)$$

— для корабля № 2

$$t_2 = \frac{S_{p_2}}{V_{M_2}};$$

— для корабля № 3

$$t_3 = \frac{S_{p_3}}{V_{M_3}}.$$

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра. На рис. 6.6.12 представлены треугольники позиций корабля № 1 (1 O 1') и фланговых кораблей № 2 и № 3 (2 O 2' и 3 O 3' соответственно), а также треугольник скоростей i -го корабля (Oad). Время маневра i -го корабля охранения

$$t_{ni} = t_i + t_{ni} = \frac{S_{\rho_i}}{V_{\rho_i}} + t_{цк}. \quad (6.6.71)$$

Из треугольников позиций относительное перемещение корабля охранения

$$S_{\rho_1} = S_{\rho_2} = S_{\rho_3} = S_{\rho_i} = 2R_{ко} \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (6.6.72)$$

Выполним дополнительное построение: в треугольнике скоростей Oad из вершины O опустим перпендикуляр Oc к вектору относительной скорости (V_{ρ_i}). Относительная скорость i -го корабля охранения:

$$V_{\rho_i} = ac + cd = -V_K \cos(\rho_{K_i} + \Delta K_K) + \sqrt{V_{M_i}^2 - V_K^2 \sin^2(\rho_{K_i} + \Delta K_K)}, \quad (6.6.73)$$

где $\rho_{K_i} = K_{\rho_i} - K_{K_i}$,

$\Delta K_K = K_K - K_{K_i}$ — угол отворота охраняемых кораблей от старого курса ордера,

K_{ρ_i} — относительный курс i -го корабля,

K_{K_i} — старый курс ордера,

K_K — промежуточный курс охраняемых кораблей.

Вначале, для упрощения расчетов, примем скорости кораблей охранения равными скорости охраняемых кораблей ($V_{M_i} = V_K$). С учетом принятого допущения

$$V_{\rho_i} = 2V_K \cos(\rho_{K_i} + \Delta K_K). \quad (6.6.74)$$

Тогда, с учетом формул (6.6.70), (6.6.72) и (6.6.74), время маневра i -го корабля

$$t_i = \frac{S_{\rho_i}}{V_{\rho_i}} = \frac{R_{ко} \sin \frac{\alpha}{2}}{V_K \cos(\rho_{K_i} + \Delta K_K)}. \quad (6.6.75)$$

Анализ формулы (6.6.75) позволяет сделать выводы:

— числитель S_{ρ_i} не зависит от промежуточных курсов и скоростей кораблей ордера, т. е. не зависит от способа их маневрирования;

— знаменатель V_{ρ_i} , а следовательно, и время маневра t_i , зависит от угла между линией курса охраняемых кораблей и линией старого курса ордера (угла отворота охраняемых кораблей от старого курса ордера $\Delta K_K = K_K - K_{K_i}$), а также от скорости хода охраняемых кораблей V_K .

Найдем такой угол отворота охраняемых кораблей ΔK_K , который позволит обеспечить одновременное завершение маневра внешним и внутренним фланговым кораблям (№ 2 и № 3)

завесы, т. е. получить $t_2 - t_3 = 0$. С учетом формулы (6.6.75) найдем разность во времени маневра фланговых кораблей и приравняем ее к нулю:

$$t_2 - t_3 = \frac{S_{\rho_2}}{V_{\rho_2}} - \frac{S_{\rho_3}}{V_{\rho_3}} = \frac{S_{\rho_2}}{2V_K \cos(\rho_{K_2} + \Delta K_K)} - \frac{S_{\rho_3}}{2V_K \cos(\rho_{K_3} + \Delta K_K)} = 0. \quad (6.6.76)$$

Приведем выражение (6.6.76) к общему знаменателю. Заметим, что в знаменателе $V_{\rho_2} \cdot V_{\rho_3} \neq 0$, ибо в противном случае (т. е. при $V_{\rho_2} = 0$ и $V_{\rho_3} = 0$) исходные позиции кораблям охранения изменить не удастся. Следовательно, числитель

$$S_{\rho_2} \cos(\rho_{K_3} + \Delta K_K) - S_{\rho_3} \cos(\rho_{K_2} + \Delta K_K) = 0. \quad (6.6.77)$$

Учитывая, что $S_{\rho_2} = S_{\rho_3}$, решив уравнение (6.6.77) относительно ΔK_K , получим угол отворота охраняемых кораблей от старого курса, обеспечивающий внешним и внутренним кораблям охранения одновременное завершение маневра (т. е. $t_2 = t_3$)

$$\Delta K_K = 180^\circ - \frac{\rho_{K_2} + \rho_{K_3}}{2},$$

где из треугольников позиций 2 O 2' и 3 O 3':

— для корабля № 2

$$\rho_{K_2} = 180^\circ - (q_{\rho_2} - q_{K_2}) = 90^\circ + \frac{\alpha}{2} + q_{K_2}; \quad (6.6.78)$$

— для корабля № 3

$$\rho_{K_3} = 90^\circ + \frac{\alpha}{2} + q_{K_3}.$$

Следовательно,

$$\Delta K_K = 90^\circ - \frac{\alpha}{2} - \frac{q_{K_2} + q_{K_3}}{2} = 90^\circ - \frac{\alpha}{2}, \quad (6.6.79)$$

так как для симметричного расположения фланговых кораблей $q_{K_2} + q_{K_3} = 0$ (например, $q_{K_2} = 300^\circ$ и $q_{K_3} = 60^\circ$ или $q_{K_2} = 80^\circ$ л/б = -80° и $q_{K_3} = 80^\circ$ п/б = $+80^\circ$). Промежуточный курс охраняемых кораблей на время изменения курса ордера

$$K_K = K_{K_1} + \Delta K_K,$$

где ΔK_K рассчитывается по формуле (6.6.79), знак ΔK_K противоположен знаку угла изменения курса ордера α ($\alpha = K_{K_2} - K_{K_1}$).

Сокращения общего времени маневра ордера можно достичь увеличением относительной скорости кораблей охранения (формула 6.6.73). Найдем скорость охраняемых кораблей (V_K), при которой относительная скорость фланговых кораблей завесы будет максимальной. Для этого продифференцируем формулу (6.6.73) по V_K и, обозначив $\rho_{K_1} = \rho_{K_{\phi л}}$, полученный результат приравняем к нулю

$$\cos(\rho_{K_{\phi л}} + \Delta K_K) - \frac{V_{K_{opt}} \sin^2(\rho_{K_{\phi л}} + \Delta K_K)}{\sqrt{V_K^2 - V_{K_{opt}}^2 - \sin^2(\rho_{K_{\phi л}} + \Delta K_K)}} = 0. \quad (6.6.80)$$

После решения формулы (6.6.80) относительно $V_{K_{opt}}$ скорость охраняемых кораблей на время изменения курса ордера

$$V_{K_{opt}} = V_M \operatorname{ctg} (\rho_{K_{\text{фл}}} + \Delta K_K), \quad (6.6.81)$$

откуда, с учетом значений $\rho_{K_{\text{фл}}} = 90^\circ + \frac{\alpha}{2} + q_{K_{\text{фл}}}$ (формула 6.6.78), $V_M = V_{\text{спх}}$ и ΔK_K (формула 6.6.79), скорость охраняемых кораблей, обеспечивающая минимальное время маневра ордера,

$$V_{K_{opt}} = V_M \operatorname{ctg} q_{K_s} = V_M \operatorname{ctg} q_{K_s} = V_{\text{спх}} \operatorname{ctg} q_{K_{\text{фл}}}. \quad (6.6.82)$$

Отметим, что оптимальная скорость охраняемых кораблей ($V_{K_{opt}}$) зависит от наибольшей скорости хода кораблей охранения ($V_M = V_{\text{спх}}$) и курсового угла позиций фланговых кораблей завесы ($q_{K_{\text{фл}}}$) относительно центра ордера.

На рис. 6.6.13 представлен график зависимости отношения $k^* = \frac{V_{K_{opt}}}{V_{\text{спх}}}$ от курсового угла позиции фланговых кораблей охранения $q_{K_{\text{фл}}}$.

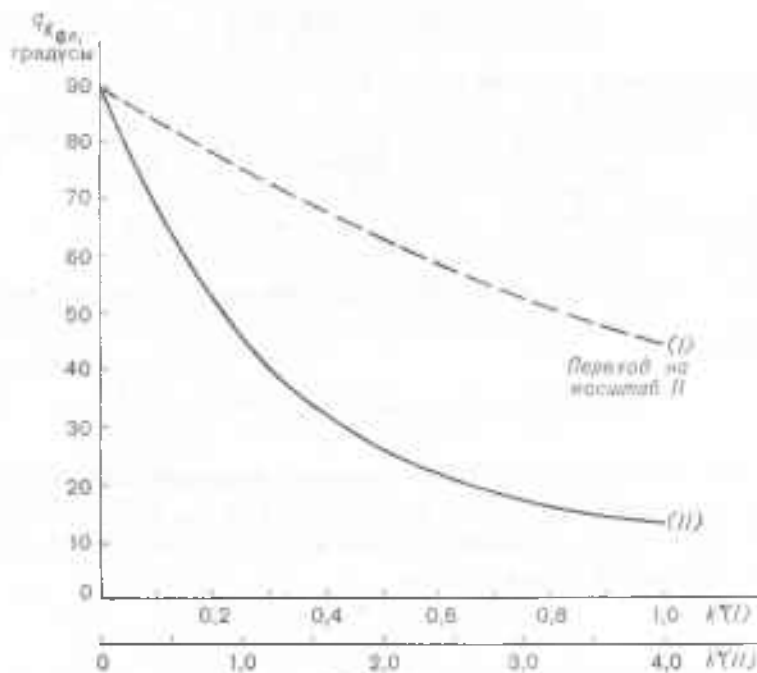


Рис. 6.6.13

График позволяет по $q_{K_{\text{фл}}}$ найти отношение скоростей k^* и затем, по наибольшей скорости кораблей охранения, найти оптимальную скорость охраняемых кораблей

$$V_{K_{opt}} = k^* V_{\text{спх}}.$$

Промежуточные курсы кораблей охранения для занятия своих позиций на прежних курсовых углах относительно центра ордера на новом курсе

$$K_{M_i} = K_K + \Delta K_{M_i}.$$

Найдем поправку ΔK_{M_i} для расчета промежуточного курса кораблей охранения. Из треугольника скоростей Oad (рис. 6.6.12)

$$\Delta K_{M_i} = 180^\circ - (\rho_{M_i} + \angle daO), \quad (6.6.83)$$

$$\text{где } \angle daO = 180^\circ - (\rho_{K_i} + \Delta K_{K_i}) = q_{K_i}. \quad (6.6.84)$$

На основании теоремы синусов, с учетом того, что $Oa = V_K = V_{K_{\text{opt}}}$ и $Od = V_M = V_{\text{спх}}$,

$$\frac{V_{\text{спх}}}{\sin q_{K_i}} = \frac{V_{K_{\text{opt}}}}{\sin \rho_{M_i}},$$

откуда

$$\rho_{K_i} = \arcsin \left(\frac{V_{K_{\text{opt}}}}{V_{\text{спх}}} \sin q_{K_i} \right). \quad (6.6.85)$$

Следовательно, с учетом формул (6.6.83), (6.6.84), (6.6.85) и (6.6.82)

$$\Delta K_{M_i} = 180^\circ - \arcsin(\text{ctg } q_{K_{\text{фл}}} \sin q_{K_i}) - q_{K_i}. \quad (6.6.86)$$

С учетом формул (6.6.72), (6.6.73), (6.6.82) и (6.6.85) время лежа-ния i -го корабля охранения на промежуточном курсе (K_{M_i})

$$t_i = \frac{S_{\rho_i}}{V_{\rho_i}} = \frac{12R_{\text{ко}} \sin \frac{\alpha}{2}}{V_{\text{спх}} (\text{ctg } q_{K_{\text{фл}}} \cos q_{K_i} + \sqrt{1 + \text{ctg}^2 q_{K_{\text{фл}}} \sin^2 q_{K_i}})}. \quad (6.6.87)$$

Время изменения курса ордера (t_n) способом переориентирования зависит от времени маневра фланговых кораблей завесы и определяется временем окончания поворота охраняемых кораблей на новый курс, которое с учетом формул (6.7.9), (6.7.25) и (6.7.17) равно

$$t_n = \frac{12R_{\text{ко}} \sin \frac{\alpha}{2}}{V_{\text{спх}} (\text{ctg } q_{K_{\text{фл}}} \cos q_{K_{\text{фл}}} + \sqrt{1 + \text{ctg}^2 q_{K_{\text{фл}}} \sin^2 q_{K_{\text{фл}}})} + \frac{\alpha + 2\Delta K_K}{60\omega_{\text{ц}}} = \\ = \frac{12R_{\text{ко}} \text{tg } q_{K_{\text{фл}}} \sin \frac{\alpha}{2}}{V_{\text{спх}} (1 + \text{tg } q_{K_{\text{фл}}} \sqrt{1 + \cos^2 q_{K_{\text{фл}}})} + \frac{3}{\omega_{\text{ц}}}. \quad (6.6.88)$$

Достоинства способа переориентирования:

- безопасность от столкновений;
- с уменьшением угла изменения курса ордера (α) время маневра (t_n , формула 6.6.88) уменьшается (t_n зависит от $\sin \frac{\alpha}{2}$: при $\alpha \rightarrow 0$ $\sin \frac{\alpha}{2} \rightarrow 0$ и $t_n \rightarrow 0$);
- значительное сокращение времени маневра по сравнению с временем маневра в ранее рассмотренных способах изменения курса ордера.

Недостатки способа:

— необходимость изменения скорости хода кораблей в процессе маневра;

— необходимость расчета курсов всех кораблей ордера и скорости хода охраняемых кораблей;

— с увеличением угла изменения курса ордера α время маневра t_n возрастает;

— изменение вида строя охраняемых кораблей, в результате изменения курса ордера, может потребовать восстановления прежнего строя дополнительным маневром.

Сравнительная характеристика способов изменения курса ордера (по времени маневра t_n).

Для конкретных условий: $R_{ко} = 50$ кбт; $q_{K_2} = q_{K_{\phi л}} = 300^\circ$; $q_{K_3} = q_{K_{\phi л}} = 60^\circ$; $V_{пк} = 18$ уз; $V_{спх} = 34$ уз; $V_{K_{opt}} = 13,85$ уз на рис. 6.6.14 представлены графики зависимости времени t_n , потребного для изменения курса ордера с охранением завесой, от угла поворота угла изменения курса ордера $\alpha = K_{K_2} - K_{K_1}$. Здесь: 1 — способ захождения; 2 — способ кратчайших расстояний; 3 — способ разделения; 4 — способ переориентирования.

Анализ графиков позволяет сделать выводы:

а) способ захождения (1) имеет существенное преимущество только перед способом разделения при углах изменения курса ордера $\alpha \leq 40^\circ$;

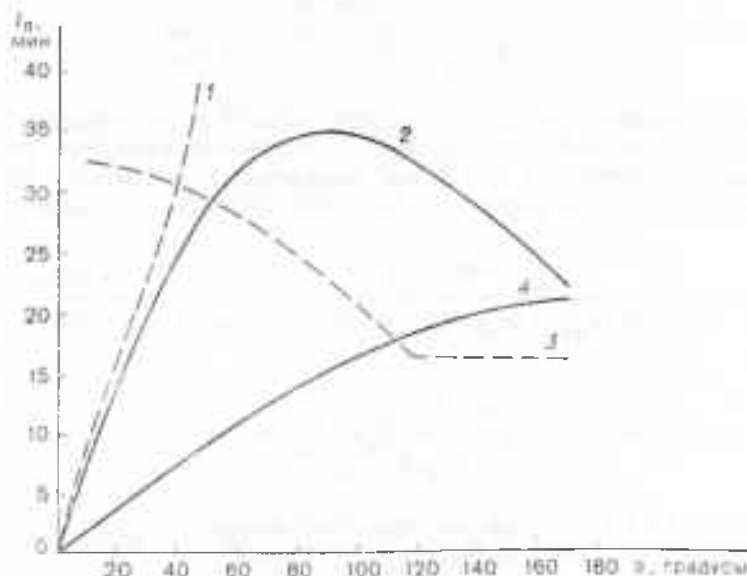


Рис. 6.6.14

б) способ кратчайших расстояний (2):

— практически равноценен способу захождения при $0 < \alpha \leq 30^\circ$;

— имеет существенное преимущество перед способом захождения при $30^\circ < \alpha \leq 180^\circ$;

— имеет преимущество перед способом разделения при $0 < \alpha \leq 50^\circ$;

- в) способ разделения (3):
- имеет существенное преимущество перед способом захождения и способом кратчайших расстояний при $\alpha > 50^\circ$;
 - имеет преимущество перед способом переориентирования при $\alpha > 115^\circ$;
- г) способ переориентирования (4) имеет существенное преимущество:
- перед способами захождения и кратчайших расстояний при $0 < \alpha \leq 180^\circ$;
 - перед способом разделения при $0 < \alpha < 115^\circ$.

Глава 7

ОСОБЕННОСТИ МАНЕВРИРОВАНИЯ КОРАБЛЕЙ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ ПОИСК И СЛЕЖЕНИЕ

§ 7.1. МАНЕВРИРОВАНИЕ КОРАБЛЕЙ ПРИ ПОИСКЕ

Поиск в заданном районе назначается в тех случаях, когда:

- имеются данные о возможном нахождении объекта поиска в районе;
- нет данных о месте объекта поиска на определенный момент времени;
- имеется информация о месте объекта поиска на определенный момент времени, после которого контакт был потерян.

Поиск в районе выполняется, как правило, в строю фронта на параллельных курсах с зигзагами или без них.

В зависимости от размеров района и наличия кораблей, район обследуется одним или несколькими галсами.

Основные способы маневрирования кораблей:

- параллельное и параллельно-перекрестное обследование (при необходимости многократного просмотра района) (рис. 7.1.1);
- незакономерное обследование (если скорость объекта поиска равна скорости поисковых кораблей или превышает ее) (рис. 7.1.2).

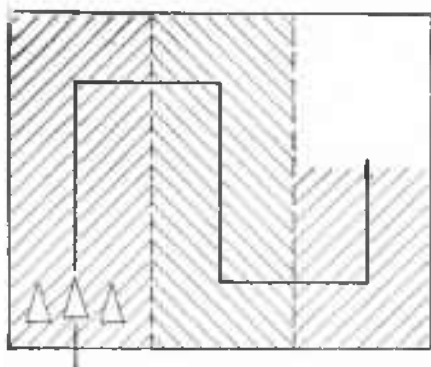


Рис. 7.1.1

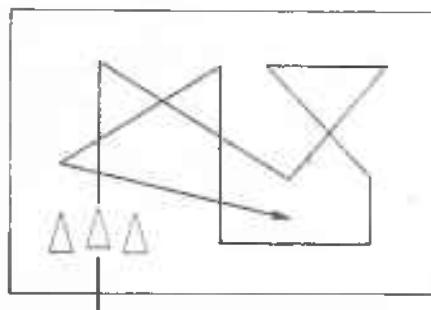


Рис. 7.1.2

Расчеты маневрирования кораблей включают:

- нанесение на карту (планшет) заданного района поиска;
- разбивку района, исходя из его конфигурации и назначенного способа маневрирования, на поисковые полосы;
- расчет частных курсов и времени лежания на каждом из них;
- выбор целесообразных способов изменения курса строя (§ 6.4);

- расчет времени изменения курса строя избранными способами (§ 6.4);
- расчет смещений середины строя за время поворота его на новый курс (§ 6.4);
- расчет моментов подачи исполнительной команды об изменении курса с учетом смещений строя за время его поворота на новый курс;
- выбор способа построения и расчет времени начала построения кораблей в поисковый строй;
- выбор способов определения места корабля, расчет периодичности обсерваций.

Поиск на рубеже применяется в тех случаях, когда известно направление движения или участок, через который должен пройти объект поиска, а поисковые корабли имеют преимущество в скорости хода

$$\left(\frac{V_M}{V_K} = k > 1\right).$$

Основные способы маневрирования кораблей при поиске на рубеже:

- линейное патрулирование;
- перекрестное патрулирование;
- патрулирование в строю пеленга.

Линейное патрулирование. Заданный рубеж (L) разбивается на участки (l_{yc}), обслуживаемые одним кораблем, и определяется длина галса (l_r) для маневрирования корабля взаимными курсами.

Объект, прорывающийся через рубеж, будет достоверно обнаружен, если длительность цикла маневрирования корабля на участке длиной l_{yc} будет не больше времени, необходимого объекту для форсирования рубежа в наиболее благоприятном для него месте (K_0K_1) — на стыке участков двух соседних кораблей (рис. 7.1.3).

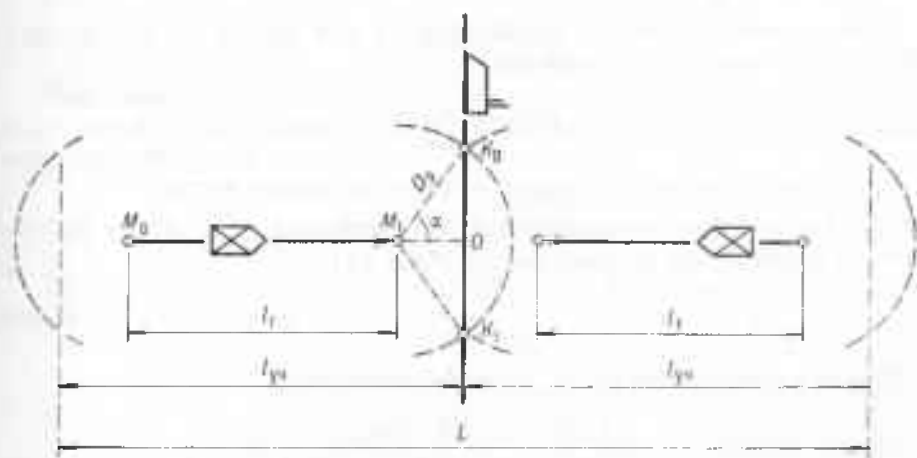


Рис. 7.1.3

В этом случае обнаружение объекта поиска будет обеспечено с вероятностью контакта (P_K).

Условие непрерыва:

$$\frac{2l_r}{V_M} = \frac{K_0K_1}{V_K},$$

откуда длина галса

$$l_r = k \frac{K_0 K_1}{2}$$

Длина участка наблюдения, обслуживаемого одним кораблем,

$$l_{yч} = l_r + 2M_1 O.$$

Из треугольника $M_1 K_0 O$:

$$0,5 K_0 K_1 = K_0 O = D_p \sin \alpha;$$

$$M_1 O = D_p \cos \alpha.$$

Тогда

$$l_r = D_p k \sin \alpha;$$

$$l_{yч} = D_p k \sin \alpha + 2D_p \cos \alpha, \quad (7.1.1)$$

где D_p — дальность обнаружения объекта средствами поискового корабля, кбт;

α — вспомогательный угол, градусы.

Максимальная длина участка ($l_{yч\max}$), которая может быть обслужена одним кораблем, рассчитывается по формуле (7.1.1) с учетом оптимального значения угла α

$$\alpha_{opt} = \arctg \frac{k}{2}. \quad (7.1.2)$$

После подстановки формулы (7.1.2) в формулу (7.1.1) и выполнения преобразований получим

$$l_{yч\max} = \frac{2D_p}{\cos \alpha_{opt}}. \quad (7.1.3)$$

Необходимое количество кораблей (n^*) для поиска на рубеже длиной L рассчитывается по формуле

$$n^* = \frac{L}{l_{yч\max}}.$$

результат округляется в большую сторону до целого числа.

При расчете фактического участка наблюдения ($l_{yч}$) длину рубежа делят на фактическое количество кораблей (n)

$$l_{yч} = \frac{L}{n}. \quad (7.1.4)$$

В этом случае длина галса на каждом участке

$$l_r = l_{yч} - 2D_p \cos \alpha_{opt}.$$

Перекрестное патрулирование. При расчете маневра корабля определяются следующие элементы (рис. 7.1.4): длина короткого (l_k) и длинного (l_n) галсов; длина участка ($l_{yч}$); угол пересечения длинных галсов $2Q$, где $Q = \arcsin \frac{V_k}{V_M}$.

Из условия равенства времени, необходимого кораблю для выполнения одного цикла маневрирования тремя галсами (l_n , l_k и l_n), и вре-

мени, необходимого объекту для прорыва рубежа, элементы маневрирования рассчитываются по формулам:

$$l_k = \frac{2D_p V_M \sin \alpha}{V_K + V_M},$$

$$l_A = \frac{2D_p V_M \sin \alpha}{(V_K + V_M) \sin Q},$$

$$l_{yч} = l_A \cos Q + 2D_p \cos \alpha = 2D_p \left(\frac{V_M \sin \alpha}{V_K + V_M} \operatorname{ctg} Q + \cos \alpha \right). \quad (7.1.5)$$

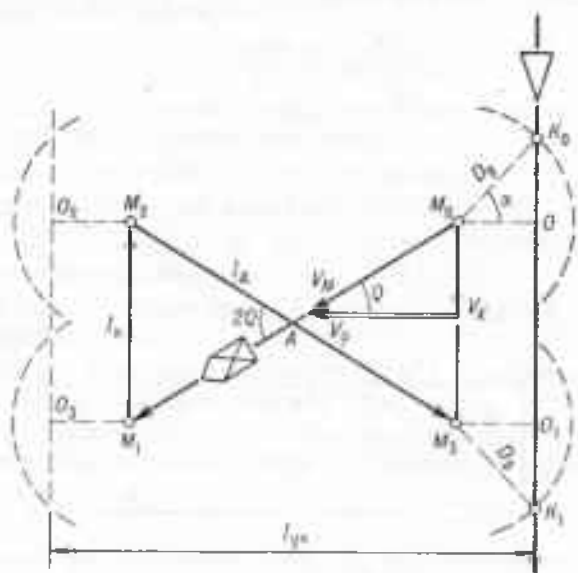


Рис. 7.1.4

Максимальная длина участка ($l_{yч\max}$), который может обслужить один корабль, рассчитывается по формуле (7.1.5) с учетом оптимального значения угла α :

$$\alpha_{\text{opt}} = \operatorname{arctg} \frac{V_M \operatorname{ctg} Q}{V_K + V_M}. \quad (7.1.6)$$

После подстановки выражения (7.1.6) в формулу (7.1.5) и выполнения преобразований получим

$$l_{yч\max} = \frac{2D_p}{\cos \alpha_{\text{opt}}}. \quad (7.1.7)$$

В ходе маневрирования на рубеже корабль не доходит до границ своего участка (OO_1 и O_2O_3) на расстояние $D_p \cos \alpha_{\text{opt}}$.

Если количество кораблей (n^*), необходимое для поиска, больше фактического (n)

$$n^* = \frac{l}{l_{yч\max}} > n,$$

то каждому кораблю назначается участок, длина которого рассчитывается по формуле (7.1.4). Элементы маневрирования при этом

рассчитываются графически, для чего через середину участка (точка A на рис. 7.1.4) под углом $Q = \arcsin \frac{V_K}{V_M}$ к линии рубежа (M_1M_3) проводятся линии длинных галсов до пересечения с линиями (M_1M_2 и M_0M_3), отстоящими от границ участка на расстояние $M_0O = M_2O_2 = D_p \cos \alpha_{opt}$.

Патрулирование в строю пеленга. Когда обстановка требует создания значительной глубины рубежа, корабли маневрируют в строю пеленга (рис. 7.1.5). Угол равнения ($q_{рав}$) должен обеспечить перпендикулярность линии строя к линии относительного курса (K_0), что позволяет при заданном расстоянии между кораблями (D) иметь наибольшую ширину полосы относительных курсов кораблей

$$Ш_{rmax} = D(n - 1)$$

и, следовательно, максимальную длину участка ($l_{учmax}$).

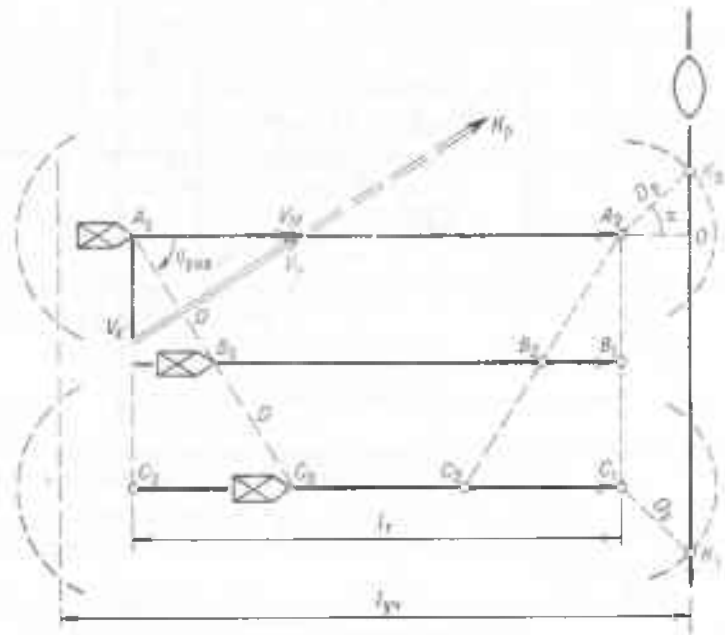


Рис. 7.1.5

При этом угол равнения

$$q_{рав} = \arctg k.$$

Длина участка для одной группы кораблей рассчитывается по формуле

$$l_{уч} = l_r + 2D_p \cos \alpha, \quad (7.1.8)$$

где $l_r = 0,5D(n - 1)(k \sin q_{рав} + \cos q_{рав}) \div D_p k \sin \alpha$. (7.1.9)

Максимальная длина участка наблюдения рассчитывается по формулам (7.1.8) и (7.1.9) с использованием величины вспомогательного угла α_{opt} формула (7.1.2).

Поворот на обратный курс каждый корабль выполняет самостоятельно, не доходя до границ участка на расстояние $D_p \cos \alpha_{opt}$.

В случаях, когда длина участка ($l'_{уч}$), отведенного кораблю (группе кораблей при патрулировании в строю пеленга), больше длины участка ($l_{уч\max}$), рассчитанной по формулам (7.1.3), (7.1.7), (7.1.8), т. е. $l'_{уч} > l_{уч\max}$, для затруднения действий прорывающегося объекта необходимо повороты кораблей на очередной курс осуществлять в случайных точках галсов.

Если фактического количества кораблей (n) недостаточно для сплошного перекрытия наблюдением заданного рубежа (L), то весь рубеж разбивается на участки по количеству кораблей (групп кораблей). Тогда приближенно вероятность обнаружения объекта ($P_{обн}$) может быть рассчитана по формуле

$$P_{обн} = \frac{l_{уч\max} n}{L} P_k = \frac{l_{уч\max}}{l_{уч}} P_k,$$

где P_k — вероятность получения контакта.

Выбирая способ патрулирования, учитывают:

- соотношение скоростей кораблей и объекта (k);
- длину участка ($l_{уч\max}$), на котором обеспечивается обнаружение объекта с вероятностью контакта ($P_{обн} = P_k$);
- вероятность обнаружения ($P_{обн}$) при заданном (фактическом) количестве кораблей (n);
- необходимое количество кораблей (n^*) для обеспечения заданной вероятности обнаружения объекта ($P_{обн} = P_k$).

В табл. 7.1.1 приведены значения максимальной длины участка ($l_{уч\max}$), на котором обеспечивается обнаружение кораблем объекта с вероятностью $P_{обн} = P_k$.

Таблица 7.1.1

$k = \frac{V_M}{V_K}$	Способ патрулирования			
	линейное	перекрестное	линейное	перекрестное
	дальность обнаружения объекта (D_p)			
	$D_p = 30$ кбт		$D_p = 60$ кбт	
максимальная длина участка ($l_{уч\max}$), кбт				
1,2	70	64	140	128
1,4	73	69	146	138
1,6	77	76	154	151
1,67	78	78	156	156
1,8	81	83	161	166
2,0	85	92	170	183
2,5	96	115	192	230

В табл. 7.1.2 приведены вероятности обнаружения кораблем объекта ($P_{обн}$) при фактическом количестве кораблей (n), а также необходимое количество кораблей (n^*) для поиска на рубеже длиной $L = 50$ миль при дальности обнаружения объекта $D_p = 30$ кбт.

Таблица 7.1.2

$k = \frac{V_M}{V_K}$	Способ патрулирования						
	линейное		перекрестное		линейное		
	перекрестное		линейное		перекрестное		
	количество кораблей (n)				заданная вероятность обнаружения ($P_{обн} = P_k = 0,9$)		
$n=3$		$n=5$		необходимое количество кораблей (n^*)			
вероятность обнаружения ($P_{обн}$)							
1,2	0,38	0,34	0,63	0,57	8	8	
1,4	0,40	0,37	0,66	0,62	7	8	
1,6	0,42	0,41	0,69	0,68	7	7	
1,67	0,42	0,42	0,70	0,70	7	7	
1,8	0,44	0,45	0,73	0,75	7	6	
2,0	0,46	0,50	0,76	0,82	6	6	
2,5	0,52	0,62	0,86	0,90	6	5	

Заметим, что количественные характеристики ($l_{уч, \max}$, $P_{обн}$, n^*) линейного и перекрестного патрулирования равны при соотношении скоростей $k=1,67$.

§ 7.2. МАНЕВРИРОВАНИЕ КОРАБЛЕЙ ПРИ СЛЕЖЕНИИ ЗА ОБНАРУЖЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Поиск в заданном районе (на рубеже) с вероятностью $P_{обн}$ приводит к обнаружению объекта, за которым может быть организовано наблюдение (слежение).

Задача слежения сводится к длительному поддержанию контакта с обнаруженным объектом.

Для решения этой задачи корабль должен находиться относительно обнаруженного объекта на дистанциях $D_t \leq D_p$.

Выявление изменения курса и особенно скорости объекта происходит с некоторым запаздыванием по времени, поэтому для удержания позиции слежения корабль должен иметь достаточное преимущество в скорости хода. По этой причине целесообразно для слежения использовать быстроходные корабли. Однако в ряде случаев увеличение скорости корабля ведет к уменьшению дальности действия средств обнаружения, что приводит к потере контакта.

В зависимости от соотношения дальностей обнаружения корабля и объекта слежение может быть скрытым или нескрытым.

Характер маневрирования корабля при выполнении слежения зависит от соотношения дальности обнаружения объекта кораблем (D_p) и корабля объектом (D_k), а также от соотношения их скоростей.

Слежение при $D_p > D_k$ и $V_M > V_K$

Расчет маневрирования целесообразно производить так, чтобы линии относительных курсов (относительных перемещений S_o) корабля

располагались на дальности ($D_i \leq D_0$) надежного обнаружения объекта, но за пределами дальности действия его средств наблюдения ($D_k < D_i \leq D_p$).

Если позиция наблюдения благоприятна для осуществления слежения, корабль сохраняет ее, маневрируя курсами и скоростями, близкими к курсу и скорости объекта. Изменение позиции слежения в диапазоне выгодных дистанций ($D_k < D_i \leq D_p$) производится способами, изложенными в § 5.1.

Слежение при $D_p > D_k$ и $V_M < V_K$

Возможности изменения позиции кораблем, обладающим меньшей скоростью, относительно объекта, имеющего преимущество в скорости хода, определяются, как известно (см. § 5.2÷5.4) соотношением скоростей и начальным курсовым углом быстроходного объекта (q_{k0}).

а) Слежение в максимальном диапазоне курсовых углов объекта слежения ($\Delta q_{k \max} = q_{k \max} - q_{k \min}$). Маневрирование в максимальном диапазоне курсовых углов быстроходного объекта будет обеспечено, если корабль в момент начала слежения займет позицию M_0 (рис. 7.2.1) на минимальном курсовом угле ($q_{k \min}$), позволяющем кораблю пройти в диапазоне выгодных дистанций незамеченным.

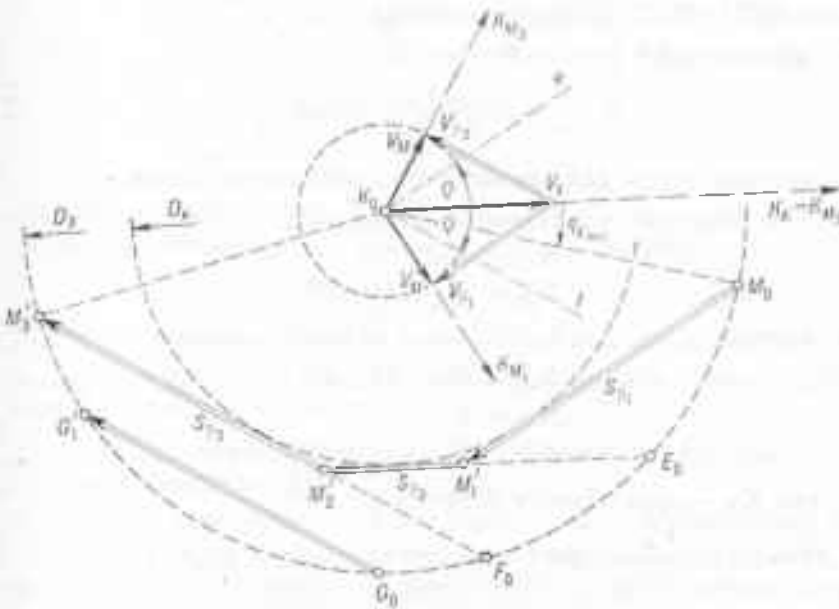


Рис. 7.2.1

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра:

— для нахождения минимального курсового угла $q_{k \min}$ проводится касательная M_0M_1' к окружности радиусом D_k параллельно соответствующей границе критического курсового угла противоположного борта K_0e до пересечения с окружностью радиусом D_p (позиция M_0): $q_{k \min} = \angle K_0K_0M_0$;

— для нахождения относительных перемещений проводятся касательные к окружности радиусом D_K :

$S_{p_1} = M_0M'_1$ — параллельно границе критического курсового угла противоположного борта K_0e (см. § 5.3);

$S_{p_2} = M'_1M'_2$ — параллельно линии курса объекта слежения;

$S_{p_3} = M'_2M'_3$ — параллельно границе критического курсового угла видимого борта K_0f (см. § 5.3);

— рассчитываются частные курсы корабля:

K_{M_1} — линия курса, перпендикулярная границе критического курсового угла противоположного борта K_0e (см. § 5.3);

K_{M_2} — курс, равный курсу объекта слежения;

K_{M_3} — линия курса, перпендикулярная границе критического курсового угла видимого борта K_0f (см. § 5.3).

Позиция потери контакта (M'_3) находится на курсовом угле объекта слежения

$$q_{K_{\max}} = 180^\circ - q_{K_{\min}}$$

Время поддержания контакта определяется по формуле

$$t_{\text{пк}} = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{S_{p_1}}{V_{p_1}} + \frac{S_{p_2}}{V_{p_2}} + \frac{S_{p_3}}{V_{p_3}}$$

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра:

— минимальный курсовой угол

$$q_{K_{\min}} = \arcsin \frac{D_K}{D_p} - \arcsin \frac{V_M}{V_K}; \quad (7.2.1)$$

— частные курсы для правого борта объекта слежения:

$$K_{M_1} = K_K - Q + 90^\circ;$$

$$K_{M_2} = K_K;$$

$$K_{M_3} = K_K + Q - 90^\circ;$$

— частные курсы для левого борта объекта слежения:

$$K_{M_1} = K_K + Q + 90^\circ;$$

$$K_{M_2} = K_K;$$

$$K_{M_3} = K_K - Q + 90^\circ.$$

где K_K — курс объекта слежения;

$Q = \arcsin \frac{V_M}{V_K}$ — критический угол;

— время лежания на рассчитанных курсах:

$$t_1 = \frac{S_{p_1}}{V_{p_1}} = \frac{12(D_K - D_p \sin q_{K_{\min}})}{V_K \sin 2Q};$$

$$t_2 = \frac{S_{p_2}}{V_{p_2}} = \frac{12D_K \operatorname{tg} \frac{Q}{2}}{V_K - V_M};$$

$$t_3 = \frac{S_{p_3}}{V_{p_3}} = t_1 = \frac{12(D_K - D_p \sin q_{K_{\min}})}{V_K \sin 2Q};$$

— время поддержания контакта

$$t_{\text{пк}} = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{24 (D_K - D_p \sin \varphi_{K_{\text{мин}}})}{V_K \sin 2Q} + \frac{12D_K \operatorname{tg} \frac{Q}{2}}{V_K - V_M}$$

Для обеспечения слежения в наибольшем диапазоне курсовых углов быстрогоходного объекта, рассчитывается маневр корабля для сближения с ним на дистанцию контакта (D_p) так, чтобы занять исходную позицию на возможно меньшем курсовом угле объекта, но не менее чем $\varphi_{K_{\text{мин}}}$ (формула 7.2.1).

б) Маневрирование для наибольшего времени поддержания контакта. Для данного соотношения скоростей (V_M и V_K) и дальностей обнаружения (D_p и D_K) наибольшее время поддержания контакта достигается, если слежение начинается из позиции $M'_{\text{опт}}$ (рис. 7.2.2).

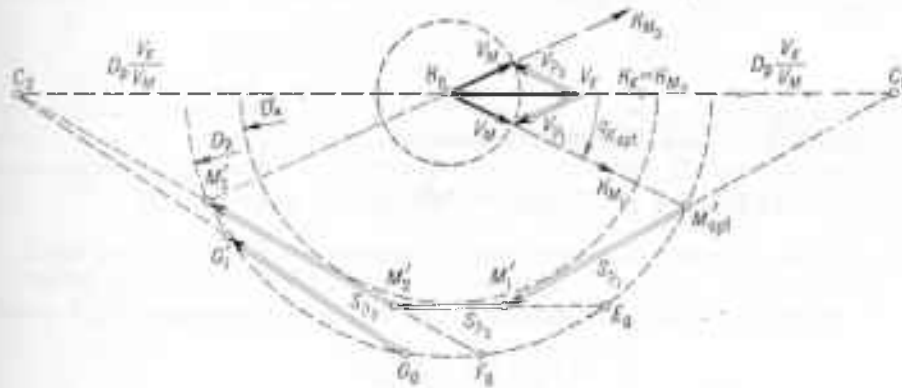


Рис. 7.2.2

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет для нахождения оптимальной позиции:
— рассчитывается длина вспомогательного отрезка

$$K_0 C_1 = D_p \frac{V_K}{V_M};$$

— отрезок $K_0 C_1$ откладывается от позиции объекта слежения K_0 впереди по линии его курса;

— через полученную точку C_1 проводится касательная $C_1 M'_1$ к окружности радиусом D_K ;

— в точке пересечения касательной $C_1 M'_1$ с окружностью радиусом D_p (точка $M'_{\text{опт}}$) находится начальная позиция корабля, обеспечивающая ему максимальное время поддержания контакта (элементы этой позиции: $\varphi_{K_{\text{опт}}}$ и D_p).

Если слежение начинается из позиции $M'_{\text{опт}}$, то время поддержания контакта будет максимальным при маневрировании корабля тремя курсами (K_{M_1} , K_{M_2} , K_{M_3}), которым соответствуют три относительных перемещения:

— $S_{p_1} = M'_{\text{опт}} M'_1$ — вектор \vec{S}_{p_1} , направленный по касательной ($C_1 M'_1$) к окружности радиусом D_K ;

— $S_{p_2} = M'_1 M'_2$ — вектор \vec{S}_{p_2} , параллельный линии курса объекта слежения и проходящий по касательной к окружности радиусом D_K ;

— $S_{p_2} = M_2 M_3$ — вектор S_{p_2} , направленный по касательной ($M_2 C_2$) к окружности радиусом D_k (при этом $K_0 C_2 = D_p \frac{V_K}{V_M}$).

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет курсов корабля:

— K_{M_1} и K_{M_2} рассчитывают построением треугольников скоростей с учетом векторов относительных перемещений \bar{S}_{p_1} и \bar{S}_{p_2} , из двух вариантов выбирается тот курс, который соответствует меньшей относительной скорости;

— $K_{M_3} = K_K$.

Позиция потери контакта (M'_3) находится на курсовом угле объекта слежения $q_{K_3} = 180^\circ - q_{K_{opt}}$.

Время поддержания контакта

$$t_{пк} = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{S_{p_1}}{v_{p_1}} + \frac{S_{p_2}}{v_{p_2}} + \frac{S_{p_3}}{v_{p_3}}$$

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра:

— оптимальный курсовой угол объекта слежения, обеспечивающий максимальное время поддержания контакта

$$q_{K_{opt}} = \arcsin \frac{D_k}{D_p} - \arcsin \frac{D_k V_M}{D_p V_K};$$

— частные курсы для правого борта объекта слежения:

$$K_{M_1} = K_K + q_{K_{opt}},$$

$$K_{M_2} = K_K,$$

$$K_{M_3} = K_K - q_{K_{opt}};$$

— частные курсы для левого борта объекта слежения:

$$K_{M_1} = K_K - q_{K_{opt}},$$

$$K_{M_2} = K_K,$$

$$K_{M_3} = K_K + q_{K_{opt}};$$

— время лежания на частных курсах:

$$t_1 = t_2 = \frac{6(D_k - D_p \sin q_{K_{opt}})}{V_M \sin q_{K_{opt}}}$$

$$t_3 = \frac{12(D_p V_K - \sqrt{D_p^2 V_K^2 - D_k^2 V_M^2})}{V_M (V_K - V_M)}$$

— время поддержания контакта

$$t_{пк} = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{12}{V_M} \left(\frac{D_k - D_p \sin q_{K_{opt}}}{\sin q_{K_{opt}}} + \frac{D_p V_K - \sqrt{D_p^2 V_K^2 - D_k^2 V_M^2}}{V_K - V_M} \right).$$

Целесообразный характер маневрирования корабля для получения наибольшего времени поддержания контакта зависит от начального курсового угла быстроходного объекта.

Если начальный курсовой угол объекта (q_{K_0}) на позицию корабля лежит в пределах

$$q_{K_{\text{опт}}} \leq q_{K_0} < \left(\arcsin \frac{D_K V_M}{D_P V_K} + \arcsin \frac{D_K}{D_P} \right)$$

(что соответствует начальным позициям корабля от $M'_{\text{опт}}$ до F_0 , рис. 7.2.2), то:

— вначале корабль должен лечь на курс, который соответствует вектору относительного перемещения, направленному из исходной позиции по касательной к окружности радиусом D_K , а также соответствует меньшей относительной скорости;

— затем маневр выполняется по оптимальной траектории (курсы: K_{M_2} и K_{M_1} , или K_{M_3}).

Если начальный курсовой угол (q_{K_0}) лежит в пределах

$$\left(\arcsin \frac{D_K V_M}{D_P V_K} + \arcsin \frac{D_K}{D_P} \right) < q_{K_0} < 180^\circ$$

(что соответствует позициям F_0 , G_0 , рис. 7.2.2), то маневр выполняется одним курсом (линия относительного курса направлена в точку C_2).

Нескрытое слежение ($D_P \geq D_I \geq 0$; $V_M < V_K$)

Если отсутствует ограничение по дистанции D_K , то для обеспечения наибольшего времени поддержания контакта маневр выполняется на одном курсе (рис. 7.2.3).

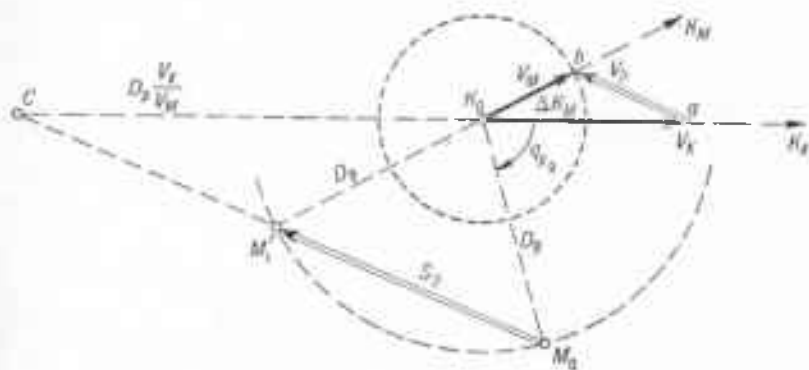


Рис. 7.2.3

ГРАФИЧЕСКИЙ расчет маневра:

— рассчитывается длина вспомогательного отрезка

$$K_0C = D_P \frac{V_K}{V_M};$$

— отрезок K_0C откладывается от позиции объекта слежения (K_0) в направлении, обратном его курсу;

— линия относительного курса корабля проводится из исходной позиции (M_0) в направлении на конец отрезка K_0C (точка C); относительное перемещение $S_0 = M_0M_1$;

— абсолютный курс рассчитывается построением треугольника скоростей K_0ab (выбирается вариант с меньшей относительной скоростью $V_p = ab$);

— время поддержания контакта

$$t_{\text{нк}} = \frac{S_t}{V_p}$$

АНАЛИТИЧЕСКИЙ расчет маневра:

— курс для получения наибольшего времени поддержания контакта

$$K_M = K_K - \Delta K_M = K_K - \arcsin\left(\frac{\sin \rho_K}{k}\right) + \rho_K,$$

где $\rho_K = \arctg \frac{k \sin q_{K_0}}{1 + k \cos q_{K_0}}$;

q_{K_0} — начальный курсовой угол объекта слежения;

$$k = \frac{V_M}{V_K};$$

— время поддержания контакта

$$t_{\text{нк}} = \frac{12D_p \cos(q_{K_0} - \rho_K)}{V_K(\cos \rho_K - \sqrt{k^2 - \sin^2 \rho_K})}.$$