

ВЫХОД В ИСХОДНУЮ ТОЧКУ ПОИСКА В КРАТЧАЙШЕЕ ВРЕМЯ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Бень А.П., Плющ В.Н.

Херсонский государственный морской институт

В статье рассматривается проблема сокращения времени поиска объекта спасения, при осуществлении поисково-спасательных операций. Представлена методика расчета радиуса круга погрешностей и определения границ квадрата вероятного местонахождения объекта поиска. Предложено аналитическое и графическое решение задачи определения оптимальной траектории движения судна-спасателя для выхода в точку поиска.

Ключевые слова: поисково-спасательная операция, точка поиска, зона поиска, бедствие в море, дрейф от ветра и течения.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами. Эффективность поисково-спасательных операций в первую очередь зависит от времени между моментами подачи сигнала SOS аварийным судном и началом спасательных операций. Опыт показывает, что своевременный выход судна-спасателя в исходную точку поиска позволяет с большей эффективностью проводить поисково-спасательные работы, однако перед капитаном судна, принявшим сигнал SOS, возникает проблема выхода в исходную точку поиска в кратчайшее время. Аварийное судно или его спасательные средства подвержены суммарному дрейфу от ветра, волнового течения, ветрового течения, приливо-отливных и постоянных течений. Поэтому следование судна-спасателя в точку места аварии приведет к потере времени выхода в исходную точку поиска. Рассчитав суммарный дрейф, можно произвести коррекцию курса и скорости с некоторыми погрешностями. Однако к моменту выхода в эту новую точку судно под воздействием дрейфа перемещается уже в другое положение. Таким образом, выполняя ряд последовательных графических измерений, можно априори определиться с курсом следования в исходную точку поиска. Однако такой способ решения неэффективен и недостаточно точен.

В статье предлагается математическая модель решения задачи выбора оптимальной траектории движения судна-спасателя для выхода в точку поиска и методика ее практической реализации с помощью маневренного планшета.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и выделение переменных ранее частей одной проблемы. Считается общепринятой нормой для моряков и прямой обязанностью капитанов морских судов принимать все возможные меры для оказания помощи в тех случаях, когда люди терпят бедствие в море. Эти

обязанности излагаются в правиле V/10 СОПАС-74, а вопросы организации поисково-спасательных операций – в специальных руководствах ИМО: IMCOSAR, MERSAR, IAMSAR [1-3].

Эффективность поиска терпящих в значительной степени зависит от правильного определения границ района, в котором находится терпящее бедствие судно. Чем быстрее судно-спасатель окажется в исходной точке, тем меньше будут границы наиболее вероятного района поиска. Основой для расчета границ района поиска являются погрешности в определении координат. В большинстве случаев спасатели располагают лишь координатами (φ_0, λ_0) места бедствия, известными с определенными среднеквадратичными погрешностями (СКП), зависящими от способа определения места бедствия, такими как: погрешности выставления координат места бедствия в автоматическом передатчике сигнала тревоги АПСТБ, СКП определения координат непосредственно на бедствующем судне перед передачей сигнала SOS, СКП системы КОСПАС-САРСАТ.

Располагая координатами места бедствия с определенными СКП, капитану необходимо определить исходную точку поиска – наиболее вероятное место объекта поиска в заданный момент времени T с учетом предполагаемого воздействия дрейфа с того момента, когда было установлено первоначальное место бедствия. Этот вопрос подробно рассматривается в специальных руководствах ИМО по организации поисково-спасательных операций. В этих пособиях даются рекомендации по определению углов дрейфа и их скоростей с помощью специальных эмпирических формул, графиков и таблиц для различных плавсредств, которые находятся под воздействием изменяющихся внешних условий.

Так, для определения скорости ветрового дрейфа судна или спасательной шлюпки, рекомендуется использовать уравнение (1):

$$V_{др} = K_v \times W, \quad (1)$$

где W – скорость ветра в районе действия (м/с); K_v – коэффициент скорости дрейфа, зависящий от парусности судна и соотношения надводной и подводной боковой поверхности, для большинства судов $K_v = 0,12-0,15$.

Наиболее вероятное направление дрейфа принимается совпадающим с направлением ветра. Для определения влияния ветрового течения, время развития которого (6-20 часов, зависит от H – глубины моря), скорость в узлах определяется по формуле:

$$V_{в.т.} = \frac{A_\sigma}{\sqrt{\sin \varphi}} \times W \quad (2),$$

где φ – широта места; A_σ – ветровой коэффициент ($\sim 0,025$ при $W \leq 7$ м/с и $\sim 0,045$ при $W = 8-20$ м/с).

Направление ветрового течения отклоняется от линии действия ветра:

- вправо – в северном полушарии – на $\alpha \leq 45^\circ$ в открытом море;
- влево – в южном полушарии – на $\alpha \leq 20 - 30^\circ$ вблизи берега.

При развитом волнении на малые суда (шлюпки) действует также «волновое течение». Кроме того, объект подвержен сносу существующими в данном районе постоянными или приливо-отливными течениями V_T .

Таким образом, суммарная скорость дрейфа объекта V_Σ определяется геометрическим сложением всех составляющих:

$$V_\Sigma = \overline{V_{op}} + \overline{V_{BT}} + \overline{V_{волн}} + \overline{V_T}, \quad (3)$$

а суммарный снос ΣS определится по формуле:

$$\Sigma S = V_\Sigma \times t. \quad (4)$$

Отложив от точки действия A_0 вектор $\overline{S_\Sigma}$, получим исходную точку поиска – точка A_I (рис. 1).

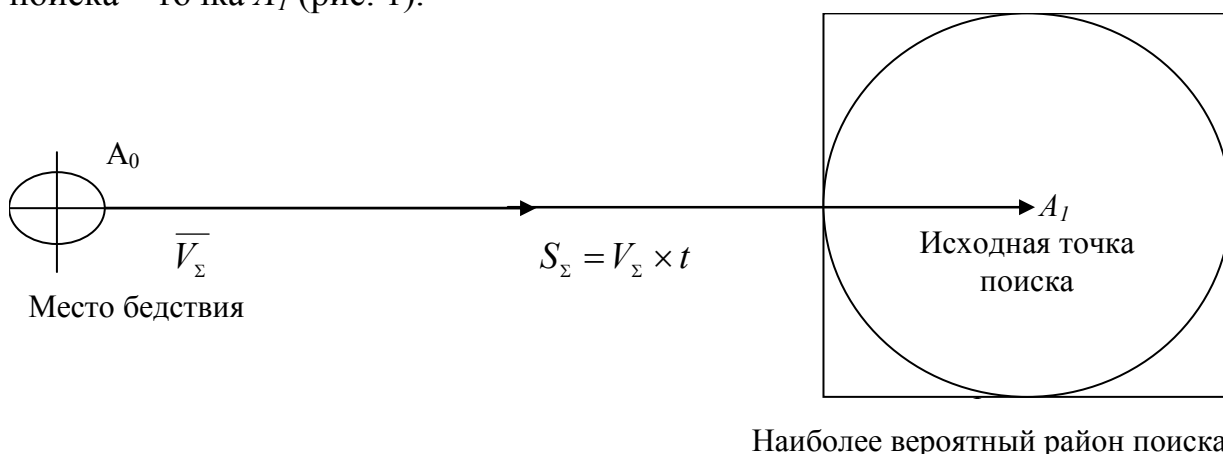


Рисунок 1. Определение возможной зоны поиска при бедствии

СКП оценки суммарного дрейфа объекта поиска может быть определено как:

$$M_{op} = t \times \sqrt{m_v^2 + \left(\frac{m_\tau \times V_\Sigma}{57.3^0} \right)^2} \text{ (мили)}, \quad (5)$$

где t – время в часах и десятых долях часа, истекшее с момента определения φ_0, x_0 до выхода поискового судна в исходную точку поиска; m_v, m_τ – СКП оценки скорости (узлы) и направления (градусы) вектора суммарного дрейфа объекта поиска. Отсюда радиус вероятного района поиска определится по формуле:

$$R = \sqrt{M_0^2 + M_{op}^2}, \quad (6)$$

где M_0 – СКП обсервованного места аварийного судна; M_{op} – СКП определения величины суммарного дрейфа аварийного судна.

На этом этапе возникает проблема выхода в исходную точку поиска судна-спасателя в кратчайшее время $T_{кр}$. Как отмечалось ранее, положение исходной точки рассчитывалось на некоторый заданный момент времени $T_{зад}$, которое определялось исходя из расстояния до места бедствия. Однако, из-за дрейфа объекта поиска, заданное расстояние $D_{зад}$ до объекта поиска изменится, исходная точка поиска переместится в новое положение. В

результате возникает необходимость определения оптимального курса, которым судно-спасатель должно следовать для сближения с объектом спасения в кратчайшее время.

Эта часть проблемы в общем комплексе поисково-спасательных операций не рассматривается ни в одном руководстве ИМО по организации поисково-спасательных операций, хотя при определенных обстоятельствах, задержка с выходом в исходную точку поиска может иметь решающее значение в эффективном оказании помощи судну, терпящему бедствие.

Цель статьи – дать теоретическое обоснование проблемы сближения с объектом спасения в кратчайшее время $T_{кр}$, разработать математическую модель определения оптимальной траектории судна-спасателя и методику расчета траектории движения судна для выхода в исходную точку поиска в кратчайшее время с помощью маневренного планшета.

Изложение основного материала исследования. Задача выхода в исходную точку поиска в кратчайшее время с учетом гидрометеорологических факторов представляет собой сложную проблему, решение которой требует комплексного подхода.

Однако, учитывая то, что проблема имеет важное практическое значение, процесс решения задачи должен быть минимизирован по времени, а методика решения – приведена к форме, удобной для практического использования.

Положим в основу решения задачи постоянство пеленга с судна-спасателя на объект спасения в течение всего периода сближения судов (рис. 2).

Непосредственно из рис. 2 (а) следует, что при известном курсе дрейфа $K_{др}$ и суммарной скорости дрейфа $\overline{V_{др}}$ объекта спасения, а также скорости полного хода судна-спасателя $\overline{V_л}$, задача сводится к определению курса судна спасателя K_c , которым оно должно следовать полным ходом и при этом сохранять постоянный пеленг ИП на объект спасения.

Для определения курса судна-спасателя, обеспечивающего выход в исходную точку поиска в кратчайшее время $T_{кр}$, рассмотрим рис. 2 (б).

Непосредственно из рисунка следует, что курс судна спасателя равен:

$$K_{СП} = ИП + (\pm q); \quad (7)$$

где q – представляет собой угол между ИП на объект спасения и курсом судна-спасателя.

Для определения курсового угла q опустим перпендикуляр из точки А на линию истинного пеленга ИП, основание перпендикуляра Р обозначим буквой С. Точка С делит вектор относительной скорости V_0 на две неравные части d и e .

Для определения длины отрезка e воспользуемся тригонометрическими зависимостями между катетом и гипотенузой в прямоугольном треугольнике, а также углом α , который определится из выражения:

$$\alpha' = 180 - \alpha,$$

$$\alpha = K_{др} - ИП,$$

где $K_{др}$ – курс сноса объекта поиска от воздействия суммарного дрейфа.

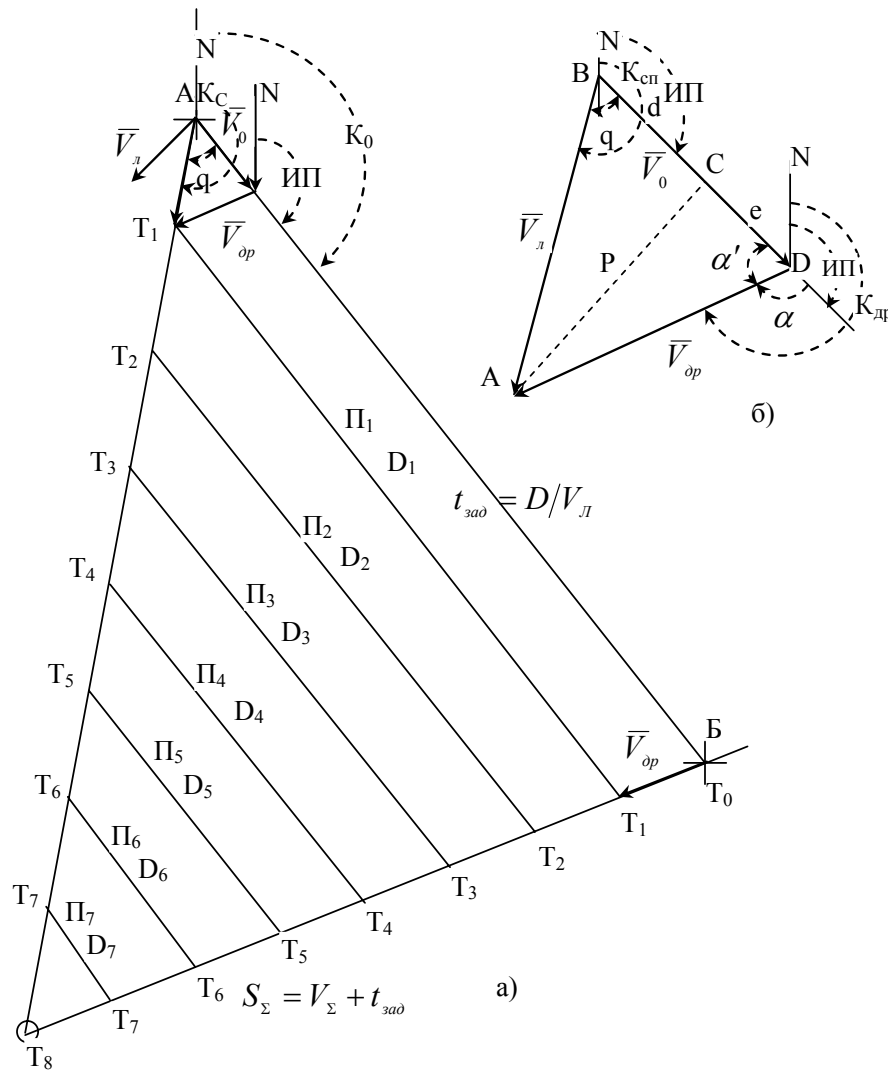


Рисунок 2. Определение параметров сноса судна

Принимая во внимание, что угол α' есть величина постоянная в силу постоянства пеленгов с судна-спасателя на объект спасания, определим длину отрезка e и перпендикуляр P :

$$E = V_{др} \times \cos \alpha', \tag{8}$$

$$P = \overline{V_{др}} \times \sin \alpha'.$$

Теперь угол g определится из выражения:

$$\sin g = \frac{P}{V_{л}}, \text{ или } g = \arcsin \frac{\overline{V_{др}} \times \sin \alpha'}{V_{л}}.$$

Таким образом, для выхода судна-спасателя в исходную точку поиска, оно должно лечь на курс:

$$K_{cn} = ИП + \arcsin \frac{\overline{V_{dp}} \times \sin \alpha'}{V_{\Lambda}}. \quad (9)$$

Заменим отношение $\frac{\overline{V_{dp}}}{V_{\Lambda}}$ через m , тогда уравнение (9) примет вид:

$$K_{СП} = ИП + \arcsin(m \times \sin \alpha'),$$

где $ИП$ – истинный пеленг с судна-спасателя на объект спасания; m – отношение скорости суммарного дрейфа $\overline{V_{\Sigma}}$ к скорости судна-спасателя V_{Λ} ; α' = дополнение угла α до 180° .

Для определения времени T выхода в исходную точку поиска, необходимо определить вектор относительной скорости сближения судов $\overline{V_0}$, который всегда направлен на объект спасания, то есть

$$K_0 = ИП_{AB}; \quad (10)$$

где K_0 – относительный курс, $ИП_{AB}$ – направление на объект спасания.

Для определения скалярной величины относительной скорости выразим отрезки d и e (рис. 2 (б)) через тригонометрические формулы:

$$\begin{aligned} d &= V_{\Lambda} \times \cos g; \\ E &= V_{dp} \times \cos \alpha'. \end{aligned} \quad (11)$$

Из рисунка следует, что V_0 равен сумме отрезков d и e , то есть

$$V_0 = V_{\Lambda} \times \cos g + V_{dp} \times \cos \alpha'. \quad (12)$$

Определив величину вектора относительной скорости V_0 , можно вычислить время выхода в исходную точку поиска A_1 , по формуле:

$$t_{cbl} = D_{AB} / V_0, \quad (13)$$

где D_{AB} – расстояние от судна-спасателя до объекта спасания в первоначальный момент времени; V_0 – относительная скорость.

Координаты исходной точки поиска могут быть определены путем прокладки на карте отрезков S_{Λ} или S_{dp} по направлениям от судна-спасателя или объекта спасания на $K_{СП}$ и K_{dp} соответственно. Отрезки S_{Λ} и S_{dp} определяются из уравнений:

$$\begin{aligned} S_{\Lambda} &= V_{\Lambda} \times t_{cbl}; \\ S_{dp} &= V_{dp} \times t_{cbl}. \end{aligned} \quad (14)$$

Проложенные на карте отрезки от первоначальных положений судов должны соединиться в одной точке, которая и будет исходной точкой поиска. Если концы проложенных на карте отрезков не совпадают, это свидетельствует о наличии ошибок или погрешностей в расчетах.

Координаты исходной точки поиска могут быть определены и по формулам счисления аналитически. Так как координаты судна-спасателя и объекта поиска известны с определенной погрешностью M_o , то координаты исходной точки поиска определяются из уравнений:

$$\varphi_{ИТП} = \varphi_{СП} + PШ_A; \quad \lambda_{ИТП} = \lambda_{СП} + PД_A;$$

или

$$\varphi_{ИТП} = \varphi_{ОП} + PШ_B \quad \lambda_{ИТП} = \lambda_{ОП} + PД_B; \quad (15)$$

где – $\varphi_{ИТП}$ и $\lambda_{ИТП}$ – координаты исходной точки поиска; $\varphi_{СП}$ и $\lambda_{СП}$ – координаты спасателя; $\varphi_{ОП}$ и $\lambda_{ОП}$ – координаты объекта поиска; $PШ_A$ и $PД_A$ – разность широт, и разность долгот относительно судна-спасателя; $PШ_B$ и $PД_B$ – разность широт и разность долгот относительно объекта поиска.

$PШ_A$ и $PШ_B$ – определяются из уравнений:

$$\begin{aligned} PШ_A &= S_{\lambda} \times \cos K_{СП}; \\ PШ_B &= S_{\partial p} \times \cos K_{\partial p}. \end{aligned} \quad (16)$$

$PД_A$ и $PД_B$ – определяются из уравнений:

$$\begin{aligned} PД_A &= OTШ_A \times \sec \varphi_m, \\ PД_B &= OTШ_B \times \sec \varphi_m, \end{aligned} \quad (17)$$

где φ_m – средняя широта.

$OTШ_A$ и $OTШ_B$ могут быть получены по формулам письменного счисления:

$$\begin{aligned} OTШ_A &= S_{\Lambda} \times \sin K_{СП}; \\ OTШ_B &= S_{\partial p} \times \sin K_{\partial p}; \end{aligned} \quad (18)$$

где $K_{СП}$ и $K_{\partial p}$ – курсы спасателя и объекта спасания соответственно; S_{Λ} и $S_{\partial p}$ – плавание спасателя и объекта спасания за период сближения.

Координаты исходной точки поиска, полученные от положения судна-спасателя и объекта спасания, не должны отличаться на величину, большую предельных погрешностей. Поэтому в обязательном порядке должна производиться оценка точности места исходной точки поиска.

Точность, с которой определяется исходная точка поиска, зависит от многих факторов. В частности, от точности координат объекта спасания введенных в АПСТБ, времени истекшего с момента ввода до передачи сигнала SOS, от точности координат, полученных по системе КОСПАС-САРСАТ, от точности учета гидрометеорологических факторов и расчета вектора суммарной скорости дрейфа $\overline{V_{\partial p}}$ и плавания $S_{\partial p}$ и т.д. В дополнение к вышперечисленным факторам, влияющим на точность определения исходной точки поиска, следует отнести погрешности счисления, возникающие при движении судна-спасателя в исходную точку выбранным курсом.

Таким образом, радиальная средняя квадратическая погрешность спасания выразится следующим уравнением:

$$M_c = \sqrt{M_0^2 + M_{c(t)}^2 + M_{\partial p}^2}, \quad (19)$$

где M_0 – СКП обсервованного места объекта поиска.

$M_{c(t)}$ – СКП счисления, определяется по формуле:

$$M_{c(t)} = K_c \times \sqrt{t}, \quad (20)$$

где t – время счисления; K_c – коэффициент счисления, определяется по формуле:

$$K_c = \sqrt{2 \left[\left(\frac{m_{\text{ну}\alpha}}{57,3} \times V \right)^2 + \left(\frac{m_v}{100} \times V \right)^2 + \left(\frac{m_{KT}}{57,3} \times V_T \right)^2 + m_{VT}^2 \right]}, \quad (21)$$

где $m_{\text{ну}\alpha}$ – СКП суммарного путевого угла дрейфа объекта спасания; V – суммарная скорость дрейфа объекта спасания; m_v – СКП в лаговой скорости судна-спасателя; V – скорость судна спасателя; m_{KT} – СКП в определении направления течения; V_T – скорость течения; m_{VT} – СКП в определении скорости течения.

Радиальная СКП счисления M_c представляет собой 95% радиус круга погрешностей, которым описывается окружность вокруг исходной точки поиска с целью очерчивания границ района поиска.

На основании изложенной методики разработан пакет прикладных программ, с помощью которых можно рассчитывать не только оптимальные курсы следования в исходную точку поиска, но и производить контроль и коррекцию курса на основании текущей информации о координатах объекта спасания.

Использование маневренного планшета для определения курса и плавания судна-спасателя в исходную точку поиска.

Опыт показывает, что аналитические методы решения задач судовождения, хотя и имеют преимущества в точности перед графическими, все-таки уступают место более простым и наглядным способам решения задач на картах или маневренных планшетах.

Задача определения оптимального курса и скорости для следования в исходную точку поиска может быть быстро и эффективно решена с помощью маневренного планшета.

Порядок решения задачи выхода в исходную точку поиска при заданной скорости движения.

1. При центре планшета строим вектор скорости суммарного дрейфа объекта поиска $\overline{V_\Sigma}$ в выбранном масштабе (например 1:10).

2. По обратному пеленгу и расстоянию в выбранном масштабе наносим на планшет положение судна-спасателя.

3. Восстанавливаем вектор скорости суммарного дрейфа объекта поиска в точку положения судна-спасателя. Начало вектора обозначаем буквой F .

4. Из точки F , как из центра, раствором циркуля равным выбранной скорости делаем засечку на линии истинного пеленга на объект спасания

(направление в центр планшета) и получаем вектор скорости судна-спасателя $\overline{V_{cc}}$.

5. Перенеся вектор $\overline{V_{cc}}$ в центр планшета, на периферии снимаем курс следования спасателя в исходную точку поиска.

6. Проводим линию курса судна-спасателя от начальной точки нахождения спасателя O параллельно вектору скорости $\overline{V_{cc}}$.

7. Сняв с планшета вектор относительной скорости (отрезок, заключенный между начальной точкой O и засечкой, точка 1 по линии ИП), получаем, в выбранном масштабе, относительную скорость в выбранном масштабе, относительную скорость сближения судна-спасателя с объектом спасания.

8. Разделив первоначальную дистанцию между судами $D_{ав}$ на относительную скорость V_0 , получаем время выхода в исходную точку поиска $t_{сбл}$.

9. Умножив заданную скорость сближения $V_{сбл}$ на $t_{сбл}$ получим величину плавания в исходную точку поиска $S_{сбл}$.

10. Отложив на карте от позиции судна наблюдателя по линии курса величину $S_{сбл}$, получаем положение исходной точки поиска A .

11. Рассчитав радиальную круговую погрешность R , определяем район поиска и производим поиск способом расширяющегося квадрата или способом по секторам.

Пример. В момент приема сигнала SOS от аварийного судна истинный пеленг на объект спасания 150^0 , дистанция $D_0=90,0$ ммиль. Путевая скорость судна-спасателя $15,0$ узл. Суммарная скорость дрейфа $V_{др}=4,0$ узл. Определить оптимальный курс судна-спасателя, которым оно должно следовать в исходную точку поиска, если суммарный курс дрейфа $K_{др}=250,0^0$.

Решение задачи с использованием маневренного планшета.

1. Помещаем объект спасания в центр планшета.

2. Выбираем удобный масштаб с учетом расстояния до объекта спасания (в нашем случае 1:10).

3. Учитывая, что суммарная скорость дрейфа $V_{др} = 4$ узл., изображаем его отрезком, длиной $0,4$ мили по направлению $250,0^0$.

4. По обратному истинному пеленгу ОИП= $150+180^0=330,0^0$ и расстоянию до объекта спасания $D=90$ ммиль, наносим на планшет положение судна-спасателя относительно объекта спасания. В выбранном масштабе ($D=9,0$ мили) обозначаем эту точку на планшете символом «0».

5. Восстанавливаем суммарный вектор скорости дрейфа в нулевую точку, обозначая его начало буквой F .

6. Из точки F , как из центра, раствором циркуля равным скорости судна-спасателя $V_{cc}=15$ узл. ($1,5$ мили), делаем засечку на линии ИП= $150,0^0$

(обозначаем засечку цифрой 1). Отрезок, заключенный между цифрами 0 и 1, является вектором относительной скорости судна-спасателя $\overline{V_{0cc}}$, а линия ИП – линией относительного сближения судов ЛОС. ($V_{0cc} = 15.0$ узл.)

7. Соединив точку F с точкой 1, получим направление вектора скорости судна-спасателя, обеспечивающего движение судна по МОС. Перенеся вектор скорости судна-спасателя в центр планшета, на периферии планшета снимем курс судна-спасателя $K_{cc} = 166,0^0$ (согласно аналитическому расчету $K_{cc} = 165,3^0$).

8. Сняв с планшета величину вектора относительной скорости 1,5 мили, переводим ее в скорость в узлах $V_0 = 1.5 \times 10 = 15.0$ узл. (аналитически $V_0 = -15.2$ узл.).

9. Рассчитываем время кратчайшего сближения судов $T_{кр} = D_0 / V_0$, т.е. $T_{кр} = 90 \text{ миль} : 15 \text{ узл} = 6,0 \text{ часа}$.

10. Из нулевой точки прокладываем путевую линию, параллельную вектору скорости судна-спасателя V_{0cc} , и по ней откладываем расстояние, которое пройдет судно-спасатель за $T_{кр} = 6,00$.

$$S_{cc} = V_{cc} \times T_{кр}, \text{ т.е.}$$

$$S_{cc} = 15.0 \text{ узл} \times 6,00 = 90 \text{ м.миль} \quad (22)$$

$$S_{cc} = 15.0 \text{ узл} \times 5.84 \text{ часа} = 88,8 \text{ мили}$$

Полученная точка является исходной точкой поиска.

11. Для контроля точности расчета и прокладки из центра планшета по направлению суммарного вектора скорости дрейфа объекта спасания прокладываем отрезок, равный величине дрейфа за $T_{кр} = 06,00$, т.е.

$$S_{др} = V_{др} \times T_{кр}$$

$$S_{др} = 4,0 \text{ узл} \times 6,00 = 24,0 \text{ мили} \quad (23)$$

$$S_{др} = 4,0 \text{ узл} \times 5,92 = 23,68 \text{ мили}$$

При отсутствии ошибок и погрешностей в расчетах и прокладке, расстояние, проложенное по направлению дрейфа, должно дать точку, совпадающую с исходной точкой поиска (ИТП). Нанесение исходной точки на маневренный планшет позволяет судить о точности графической прокладки на планшете.

Для определения вероятных границ района поиска рассчитывается суммарная радиальная погрешность от ошибок в определении места объекта поиска M_0 , ошибок счисления судна-спасателя $M_{e(t)}$ и ошибок в определении суммарного угла дрейфа $M_{др}$. Таким образом, радиус круга погрешностей с центром в исходной точке поиска определится по формуле:

$$R = \sqrt{M_0^2 + M_{e(t)}^2 + M_{др}^2}, \quad (24)$$

где M_0 – радиальная погрешность обсервации места объекта поиска; $M_{c(t)}$ – радиальная погрешность счисления судна спасателя; M_{op} – суммарная радиальная погрешность дрейфа объекта поиска.

Если принять, что при определении места по системе КОСПАС-САРСАТ СКП определения места аварийного судна $\pm 2,7$ мили и, учитывая, что при плавании более 2 часов накопление ошибок в счислимом месте пропорционально корню квадратному из времени счисления, т.е.

$$M_{c(t)} = K_c \times \sqrt{t_{час}}, \quad (25)$$

где K_c – коэффициент счисления, как правило, не выходящий за границы 3 миль/час.

Поэтому с учетом времени счисления $t = 6$ часов, получим $M_{c(t)} = 3 \times \sqrt{6} = 3 \times 2.45 = 7.35$ мили.

Радиальная погрешность при учете дрейфа определится по формуле:

$$M_{op} = t_{час} \times \sqrt{m_Q^2 + \left[\frac{m_t \times V_\Sigma}{57.3} \right]^2} \quad (26)$$

Если принять, что $m_Q = \pm 1.0$ узел, а $m_t = \pm 5^0$, то

$$M_{op} = 6 \text{ час} \times \sqrt{1^2 + \left(\frac{\pm 5^0 \times 4}{57.3} \right)^2} = 6,34 \text{ мили}.$$

Подставив полученные результаты в уравнение (24), получим радиальную погрешность выхода в исходную точку поиска:

$$R = \sqrt{2.7^2 + 7.35^2 + 6.34^2} = 10.0 \text{ мили}$$

На карте из исходной точки поиска, как из центра, описываем окружность радиусом 10.0 миль. Проведя касательные к окружности, параллельно параллелям и меридианам, получаем границы района поиска, в котором осуществлен поиск методом расширяющегося квадрата или по секторам.

Выводы. Решающим фактором эффективности поисково-спасательных операций является их своевременность. Для обеспечения начала спасательных операций в кратчайшее время необходимо обеспечить выход судна-спасателя в исходную точку поиска оптимальным курсом. В работе предложен аналитический и графический методы расчета оптимального курса, в том числе и с использованием маневренного планшета.

Использование предложенной в статье методики расчета радиуса круга погрешностей и определения границ квадрата вероятного местонахождения объекта поиска позволяет значительно уменьшить площадь района поиска, и соответственно, сократить время по спасению терпящих бедствие.

Учитывая исключительную важность обсуждаемого вопроса, которому посвящены международные конвенции, кодексы и национальные документы, предложенные методики проведения поисково-спасательных работ могут оказать существенную помощь капитанам при решении вопроса о выходе в

исходную точку поиска в кратчайшее время и эффективном проведении поисковых операций внутри квадрата поиска.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Merchant ship search and rescue manual : (MERSAR). – 5. ed. – Publisher: London, 1993. MERSAR-MERCHANT SHIP SEARCH AND RESCUE MANUAL NMO 1969/1995. Руководство по поиску и спасению. – 68 р.
2. IAMSAR Manual: International aeronautical and maritime search and rescue manual [Text]. – London; Montreal : IMO/ICAO, 20. IAMSAR-INTERNATIONAL AERONAUTICAL AND MARITIME SEARCH AND RESCUE MANUAL. – IMO, 2006. – pages var.
3. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі 1974 р. (СОЛАС-74) (SOLAS). – Лондон, 1.11.1974.
4. Катенин В.А., Дмитриев В.И. Навигационное обеспечение судовождения. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 372 с.
5. Михайлов В.С., Кудрявцев В.Г. Обеспечение навигационной безопасности плавания. – К.: Аристей, 2006. – 380 с.

Бень А.П., Плющ В.Н. ВИХІД У ВИХІДНУ ТОЧКУ ПОШУКУ В НАЙКОРОТШІЙ ЧАС ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

У статті розглядається проблема скорочення часу пошуку об'єкта порятунку при здійсненні пошуково-рятувальних операцій. Представлено методику розрахунку радіуса кола погрішностей і визначення меж квадрата ймовірного місцезнаходження об'єкта пошуку. Запропонований аналітичний і графічний розв'язок завдання визначення оптимальної траєкторії руху судна-рятувальника для виходу в точку пошуку.

Ключові слова: пошуково-рятувальна операція, точка пошуку, зона пошуку, нещастя в морі, дрейф від вітру й плину.

Ben A.P., Pljushch V.N. ARRIVAL AT THE INITIAL POINT OF SEARCH IN THE SHORTEST TIME POSSIBLE WHILE REALIZING SEARCH-AND-RESCUE OPERATIONS

In the paper a problem of time reduction in the search of rescued object is considered, while carrying out search-and-rescue operations. The design method of radius of a circle of errors and determination of boundaries of square of the probable searched object location are submitted. The analytical and graphical solution of a task to determine an optimum search pattern for movement of the rescue vessel to arrive at the point of search is offered.

Key words: search-and-rescue operation, a point of search, a zone of search, distress in the sea, drift caused by winds and currents.