

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1011-1025

REVIEW OF SEARCH AND RESCUE DRIFTING OBJECT AT SEA POSSIBLE LOCATION ESTIMATION TECHNIQUES

Y. Y. Selezen

Admiral Ushakov Maritime State University, Novorossiysk, Russian Federation

Review of estimation techniques of possible location of search and rescue drifting object at sea has been presented in the paper. The factors influencing on the possible location of search and rescue drifting object at sea are considered. The main characteristics and restrictions of the reviewed techniques have been researched. Estimation techniques of possible location of search and rescue drifting object at sea are classified into analytical and numerical. The classification criterion is an approach to present possible location at drift simulation.

The analytical techniques are based on the representation of possible location by geographical points set, used as a reference in search planning (datum points). The simulation of drift influence on the possible location is carried out by moving the datum points and correcting estimated error in the datum position.

The numerical techniques are based on the representation of possible location by an ensemble of virtual drifting units. The virtual drifting unit (replication) is the information equivalent of search and rescue object. The simulation of drift influence on possible location is carried out by moving replications positions according to generation of random value of the search and rescue object drift.

Advantage of applying numerical techniques over analytical has been substantiated in the paper. The performed analysis has showed that the existing techniques are using a number of significant assumptions, which constraints their applicability. Proceeding from this, the necessity of developing an improved search and rescue drifting object at sea possible location estimation technique, which eliminates the shortcomings of existing techniques, with a focus on the numerical approach is based.

Keywords: search and rescue, search and rescue object, possible area, search area, leeway, surface drift, distress at sea.

For citation:

Selezen, Yaroslav Y. "Review of search and rescue drifting object at sea possible location estimation techniques." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 11.6 (2019): 1011–1025. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1011-1025.

УДК 656.61

АНАЛИЗ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА ПОИСКА И СПАСАНИЯ НА МОРЕ С УЧЕТОМ ДРЕЙФА

Я. Ю. Селезень

ФГБОУ ВО «Государственный морской университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова»,
г. Новороссийск, Российская Федерация

В работе представлены результаты анализа методик определения возможного местоположения объектов поиска и спасания на море с учетом дрейфа. Рассматриваются факторы, влияющие на возможное местоположение объектов поиска и спасания на море при дрейфе. Исследованы основные характеристики методик и их ограничения. Методики классифицированы на численные и аналитические. В качестве классифицирующего признака использован способ представления возможного местоположения при моделировании дрейфа. Аналитические методики основаны на представлении возможного местоположения геометрической фигурой, построенной относительно множества географических точек, используемых в качестве ориентиров в планировании поиска (исходных точек). Моделирование влияния дрейфа на возможное местоположение объекта поиска и спасания осуществляется смещением исходных точек и изменением расчетной погрешности в определении положения исходного пункта. Численные методики основаны на представлении возможного местоположения совокупностью достаточно большого числа виртуальных дрейфующих единиц, расположенных в пространстве согласно распределению вероятностей локализации объекта поиска и спасания. Виртуальная дрейфующая единица (репликация) является

информационным эквивалентом объекта поиска и спасания. Моделирование влияния дрейфа на возможное местоположение объекта поиска и спасания осуществляется смещением положений репликаций согласно реализациям случайной величины дрейфа объекта поиска и спасания.

В работе обосновывается преимущество применения численных методик перед аналитическими. Выполненный анализ показывает, что имеющиеся методики используют ряд существенных допущений, что ограничивает их применимость. Исходя из этого обосновывается необходимость разработки усовершенствованной методики определения возможного местоположения объектов поиска и спасания на море с учетом дрейфа, разрешающей недостатки имеющихся, с ориентировкой на численный подход.

Ключевые слова: поиск и спасание, объект поиска и спасания, возможный район, район поиска, дрейф в подветренную сторону, поверхностный дрейф, бедствие на море.

Для цитирования:

Селезень Я. Ю. Анализ методик определения возможного местоположения объекта поиска и спасания на море с учетом дрейфа / Я. Ю. Селезень // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 6. — С. 1011–1025. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1011-1025.

Введение (Introduction)

При планировании операции поиска и спасания на море одной из основных задач является определение возможного местоположения (ВМ) объектов поиска и спасания (ОПС) с учетом дрейфа. Решение данной задачи осложняется необходимостью комплексного учета влияния на ВМ ОПС следующих факторов:

- наличия неопределенности в отношении последнего известного местоположения (ПИМ) ОПС;
- наличия смещения ОПС при дрейфе;
- изменения неопределенности местоположения ОПС при дрейфе ввиду того, что расчетные скорости и результирующие расстояния дрейфа являются неточными величинами;
- наличия изменчивости характера условий окружающей среды, в частности, ветра и течения на различных участках пространства возможных местоположений ОПС и их непостоянство во времени.

Различными авторами предложены методики определения ВМ ОПС при дрейфе с целью решения указанной задачи и комплексного учета перечисленных факторов. Данные методики применяются после составления сценария ситуации, когда установлен исходный пункт (ИП) ПИМ ОПС, известны предполагаемые характеристики дрейфа ОПС и необходимо определить ВМ к некоторому моменту времени, как правило, ко времени начала поиска. Несмотря на многочисленность и разнообразие существующих методик, проведенный анализ показывает, что имеющиеся методики в недостаточной мере позволяют разрешить проблему комплексного учета указанных факторов в определении ВМ ОПС.

Цель настоящего исследования заключается в комплексном анализе существующих методик определения ВМ, а также определении наиболее перспективных подходов и направлений дальнейшего развития методик определения ВМ.

Методы и материалы (Methods and Materials)

В работе использованы следующие методы научного исследования: систематизация специальной литературы и источников, классификация имеющихся современных методик по поиску и спасанию на море, их качественная компаративистика и интерпретация. В настоящее исследование включены методики, имеющие возможность определения ВМ, при этом ряд рассматриваемых методик предполагает получение следующих данных: возможного района, района поиска, а также оптимального района поиска. Исследуемые методики приводятся в рамках используемой их авторами категории района. Под возможным районом понимается наименьший район, включающий все возможные местоположения оставшихся в живых или ОПС, не противоречащие фактам и допущениям, использованным при разработке сценария. Под районом поиска понимается район, подлежащий обследованию поисково-спасательными средствами. Под оптимальным районом поиска понимается район поиска, в котором при равномерном распределении обеспечиваемого поискового усилия вероятность успеха будет наивысшей [1].

Результаты (Results)

Методика «Руководства по международному авиационному и морскому поиску и спасению» (МАМПС) [1]–[5]. Методика «Руководства МАМПС» (т. II) основана на получении возможного района и оптимального района поиска ОПС из представительного множества исходных точек ИП ПИМ ОПС, смещенных под действием дрейфа и откорректированных на величину увеличения вероятной погрешности определения местоположения [1].

ИП ПИМ ОПС представляется в виде исходной точки или совокупности исходных точек. Если этим пунктом является исходная линия или исходный район, то применяется прием выбора представительного множества точек исходной линии или исходного района в качестве исходных точек. В качестве представительного множества точек выбираются угловые и / или центральные точки ячеек координатной сетки карты вероятностей или другие. Выбранное множество исходных точек должно отражать все значительные различия в характеристиках ветра и течений в пределах исходной линии или исходного района. В результате новая исходная линия или новый исходный район, получаемые вследствие дрейфа, определяется множеством смещенных исходных точек. В свою очередь, исходные точки характеризуются географическими координатами и вероятной погрешностью определения (ВПО) местоположения. Координаты исходных точек с учетом дрейфа определяются посредством перемещения исходных точек ПИМ в направлении вектора суммарного дрейфа на расстояние, равное расчетному расстоянию дрейфа за необходимый интервал времени. При этом интервал времени делится на такие подынтервалы, при которых условия дрейфа считаются неизменными.

Суммарная скорость дрейфа определяется как сумма вектора скорости дрейфа в подветренную сторону (ДвПС) с вектором скорости суммарного водного течения. В качестве ключевых параметров ДвПС ОПС используется величина модуля скорости ДвПС и углы расхождения при ДвПС (далее — углы дивергенции), задающие направление векторов скорости ДвПС относительно линии ветра. Величина модуля скорости ДвПС определяется в качестве зависимости от скорости ветра и типа ОПС, а угол дивергенции — в качестве зависимости от типа ОПС. При ДвПС по линии ветра получают один новый ИП, что характерно для случая, когда углом дивергенции можно пренебречь вследствие его малости, как показано на рис. 1. При ДвПС с расхождением относительно линии ветра первый интервал дрейфа даст два новых ИП: по одному для каждого из векторов ДвПС, как показано на рис. 2. В последующем предполагается, что для «левого» ИП всегда используется вектор ДвПС, расположенный слева от направления ветра, для «правого» ИП — вектор ДвПС, расположенный справа от направления ветра.

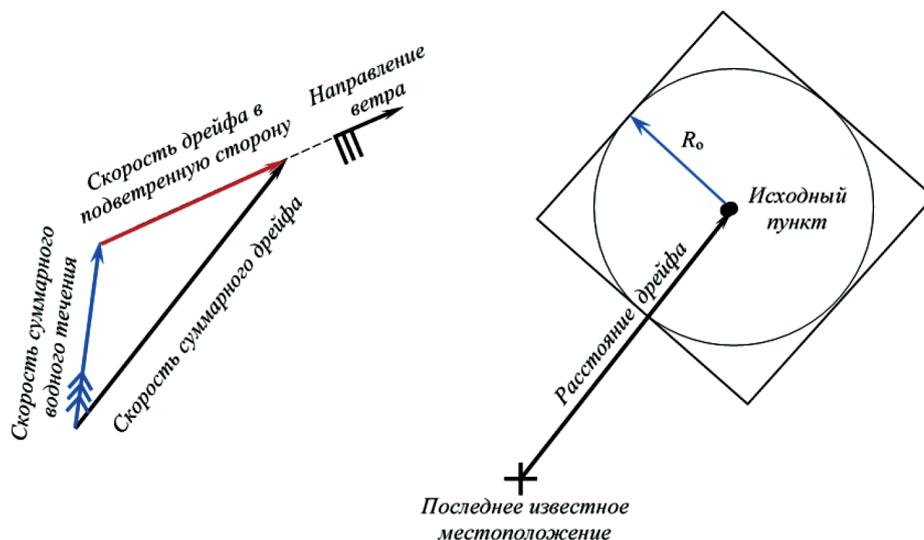


Рис. 1. Район поиска относительно одной исходной точки согласно «Руководству МАМПС»

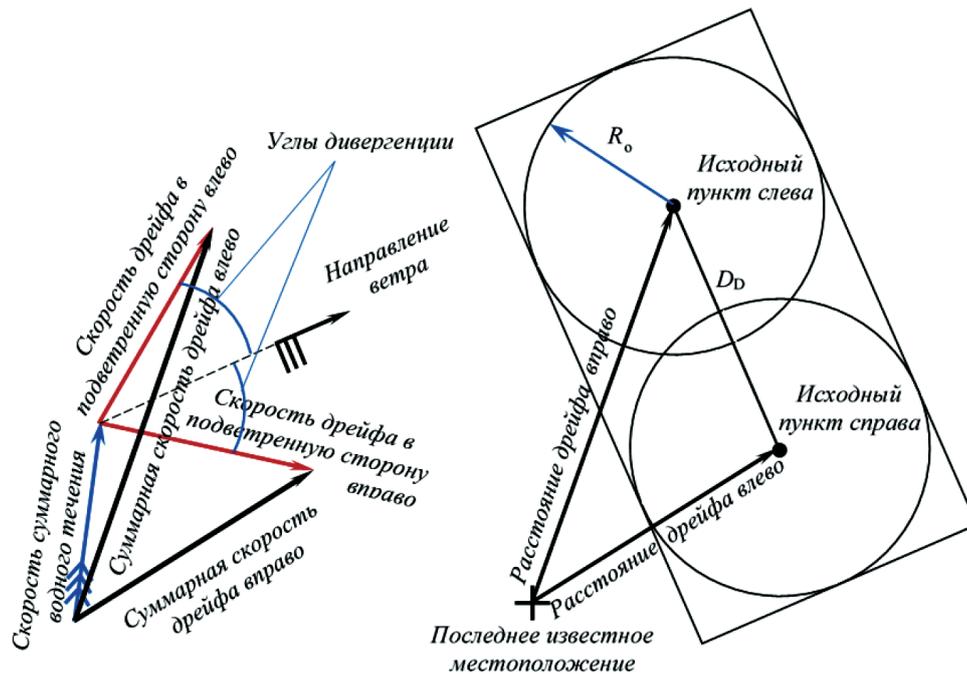


Рис. 2. Район поиска при двух исходных пунктах, полученных в результате расхождения при дрейфе в подветренную сторону при $D_0 \leq 4E$ согласно «Руководству МАМПС»

Суммарная ВПО местоположения E рассчитывается для каждой из полученных исходных точек и определяется выражением

$$E = \sqrt{X^2 + Y^2 + D_e^2}, \quad (1)$$

где X — ВПО исходного местоположения;

Y — ВПО местоположения поисковым средством с учетом его навигационных возможностей;

D_e — суммарная ВПО дрейфа $D_e = D_{V_e} \cdot t$;

t — временной интервал дрейфа;

D_{V_e} — суммарная ВПО скорости дрейфа.

В свою очередь, суммарная ВПО скорости дрейфа определяется по формуле

$$D_{V_e} = \sqrt{A_{\text{SWD}/V_e}^2 + T_{W_e}^2 + L_{W_e}^2}, \quad (2)$$

где A_{SWD/V_e} — ВПО скорости дрейфа, обусловленная погрешностью определения среднего приземного ветра;

T_{W_e} — ВПО расчетного суммарного водного течения;

L_{W_e} — ВПО расчетной величины ДвПС.

При получении двух ИП вследствие расхождения при ДвПС значения суммарной ВПО местоположения для правого и левого ИП, как правило, принимаются равными друг другу.

В результате применения данной методики составляется карта вероятностей возможного района с учетом дрейфа и определяется оптимальный район поиска. В общем случае, карта вероятностей возможного района с учетом дрейфа составляется путем переноса на дистанцию дрейфа и увеличения координатной сетки карты возможного района ПИМ с учетом любого увеличения суммарной ВПО местоположения, а в случае, если силы дрейфа в районе различаются, то дополнительно изменением формы ячеек и составлением новой регулярной сетки. Следует отметить, что «инструкции по подготовке первоначальных карт вероятностей» и шаблоны для построения карт вероятностей [1] при поиске относительно двух ИП, полученных в результате расхождения при ДвПС, в «Руководстве МАМПС» отсутствуют, так как ситуация оказывается настолько сложной

из-за изменений соотношения между дистанцией расхождения и ВПО местоположения, что отобразить ее на шаблонах для построения карт вероятностей практически невозможно.

При получении после учета дрейфа одной исходной точки оптимальный район поиска представляет оптимальный квадрат, стороны которого касаются окружности оптимального радиуса, при этом центром такой окружности является полученная исходная точка, а стороны квадрата рекомендуется ориентировать по направлению дрейфа, как показано на рис. 1. Площадь района в таком случае составляет

$$A_0 = 4R_0^2, \quad (3)$$

где A_0 — площадь оптимального района поиска;

R_0 — оптимальный радиус поиска.

При получении двух ИП вследствие расхождения при ДвПС, если дистанция расхождения D_D между двумя новыми ИП в течение всего периода дрейфа не превышает четырех суммарных ВПО местоположения $4E$, $D_D \leq 4E$, оптимальный район поиска представляет оптимальный прямоугольник, стороны которого касаются окружностей оптимального радиуса, центрами которых являются соответствующие исходные точки, как показано на рис. 2, с площадью

$$A_0 = (4R_0^2) + (2R_0D_D). \quad (4)$$

При получении двух ИП вследствие расхождения при ДвПС, если дистанция расхождения при ДвПС в течение всего периода дрейфа больше значения четырех суммарных ВПО местоположения $D_D > 4E$, на усмотрение специалиста, планирующего поиск, два новых ИП рассматриваются либо как две отдельные исходные точки, каждой из которых соответствует свой район поиска, либо как конечные точки базисной части исходной линии, относительно которой определяется район поиска, являющийся общим для данных исходных точек. В первом случае будет получено два отдельных, как правило, не перекрывающихся района поиска, каждый из которых представляет собой оптимальный квадрат, построенный аналогично построению района с одной исходной точкой. Такой подход допустим, если считать, что при небольших суммарных ВПО местоположения и значительном угле дивергенции очень мала вероятность того, что ОПС окажется на полпути между левым и правым ИП [1]. Во втором случае между двумя ИП проводится соединительная линия, которая рассматривается в качестве базисной части исходной линии, при этом будет получен один оптимальный район поиска, представляющий собой прямоугольник, большая ось которого совпадает с исходной линией. Для определения общей длины исходной линии рекомендовано ее базисную часть удлинить с обеих концов на величину суммарной ВПО местоположения E . Ширина оптимального района, как и в ранее рассмотренных случаях, равна удвоенному оптимальному радиусу. В случае необходимости длина и ширина района поиска могут быть скорректированы сотрудником, планирующим поиск, с учетом формы распределения вероятностей локализации ОПС [1]. При этом площадь оптимального района поиска

$$A_0 = 2R_0L, \quad (5)$$

где L — длина исходной линии, $L = D_D + 2E$.

Целесообразность рассмотренного подхода с использованием исходной линии для получения оптимального района поиска обосновывается исходя из предположения о том, что при сильном, резко меняющемся направлении ветре, и исключительно сильном волнении на море или наличии крена ОПС, последний будет двигаться к точкам, расположенным на линии, соединяющей два ИП.

В общем случае оптимальный радиус поиска определяется из выражения

$$R_0 = f_s E, \quad (6)$$

где f_s — оптимальный коэффициент поиска.

Оптимальный коэффициент поиска позволяет изменять величину вероятности локализации ОПС в пределах границ оптимального района поиска путем изменения размеров получаемого

района. Применительно к исходной точки указанное свойство может быть использовано для построения семейства окружностей, в которых с заданной вероятностью (вероятностью локализации) находится ОПС. В данной методике оптимальный коэффициент определяются как значение, основанное на величине поискового усилия, и фактически выражается функциональной зависимостью от совокупного относительного поискового усилия и условий поиска.

Данная методика имеет компьютерную реализацию в виде системы «Поиск – Море» [2]–[4]. В ряде ситуаций решение задачи планирования поиска по настоящей методике может оказаться настолько сложным, что в этом случае, в соответствии с «Руководством МАМПС» (т. II), сотрудникам, планирующим поиск, рекомендует тщательно произвести необходимые упрощения.

Методика «Руководства МАМПС» (т. III) основана на рассмотренной методике (т. II), с принятием при этом следующих упрощений [5]:

- расчет дрейфа в подветренную сторону осуществляется без учета расхождения относительно линии ветра, при этом параметры дрейфа ОПС, дрейфующих со значительным смещением относительно линии ветра, не приводятся;
- получение района поиска рассматривается только относительно одной исходной точки;
- район поиска представляет собой квадрат, по площади равный имеющемуся поисковому усилию, а не район оптимального поиска или возможный район, охарактеризованный картами вероятностей.

Методика определения возможного местоположения свободно плавающего объекта с использованием формул оценки точности счисления [6]–[8]. Данная методика [6], [7], применительно к целям расчета ВМ ОПС, изложена в работе [8]. В ней ИП ПИМ ОПС задается исходной точкой. Дрейф ОПС рассчитывается аналогично методике «Руководства МАМПС» для одной исходной точки [6]. Точность определения ВМ ОПС рассчитывается по формулам оценки точности счисления и характеризуется окружностью или квадратом с вписанной в него окружностью. Размер окружности, в которой с заданной вероятностью (вероятностью локализации) находится ОПС, определяется радиусом [6]–[8]:

$$R = r\sqrt{M_0^2 + M_{dr}^2}, \quad (7)$$

где r — коэффициент (нормированная радиальная погрешность), равный заданной радиальной погрешности в долях радиальной среднеквадратической погрешности (СКП) места;

M_0 — радиальная СКП исходного местоположения;

M_{dr} — радиальная СКП оценки суммарного дрейфа ОПС,

$$M_{dr} = t\sqrt{m_v^2 + \left(\frac{m_\tau V}{57,3^\circ}\right)^2}. \quad (8)$$

Здесь m_v — СКП определения суммарной скорости дрейфа;

m_τ — СКП определения направления суммарного дрейфа;

V — суммарная скорость дрейфа.

Методика MiniMax «Канадского национального дополнения к «Руководству МАМПС» [9]–[11]. В данной методике ИП ПИМ ОПС задается исходной точкой. Дрейф ОПС рассчитывается аналогично методике «Руководства МАМПС» для двух ИП, полученных при ДвПС с расхождением относительно линии ветра. В то же время данная методика отличается в части расчета суммарной ВПО местоположения и района поиска.

После получения двух ИП, из-за расхождения при ДвПС, определения координат ИП и дистанции расхождения между ИП, рассчитываются частные ВПО дрейфа для каждого ИП. В общем случае частная ВПО дрейфа определяется по формуле [9]–[11]:

$$d_e = dC_f, \quad (9)$$

где d — расстояние дрейфа;

C_f — коэффициент достоверности ВПО дрейфа (0,125–0,3 выбирается в зависимости от степени доверия к используемым данным).

Величины частных ВПО дрейфа, при различии в расстояниях дрейфа ИП, будут различны для получаемых ИП, так как частная ВПО дрейфа ИП является функцией расстояния дрейфа. Дальнейшие расчеты и построения выполняются относительно ИП MiniMax, являющегося центральной точкой для района поиска, как показано на рис. 3.

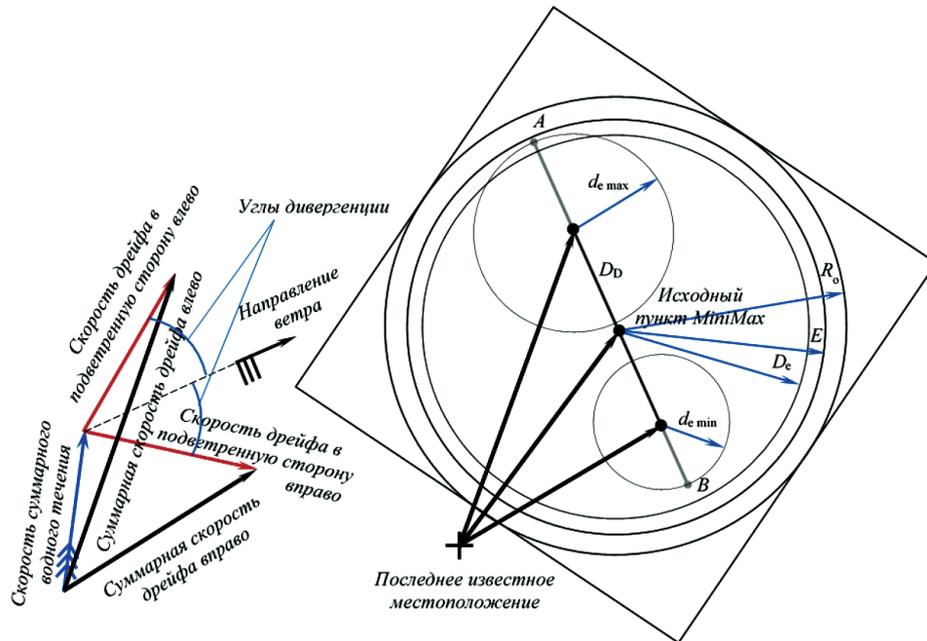


Рис. 3. Район поиска согласно методике «Канадского национального дополнения к «Руководству МАМПС»»

В одном варианте методики ИП MiniMax считается середина отрезка, соединяющего два ИП, полученных в результате расхождения при ДВПС [9] (отрезок D_D на рис. 3). В другом варианте ИП MiniMax считается середина отрезка, проходящего между двумя ИП, полученными в результате расхождения при ДВПС, и соединяющего внешние стороны окружностей частной ВПО дрейфа данных ИП [10] (отрезок AB на рис. 3). Суммарную ВПО дрейфа для ИП MiniMax рассчитывают используя выражение [9]–[11]:

$$D_e = \frac{D_D + d_{e\min} + d_{e\max}}{2}, \quad (10)$$

где $d_{e\min}$, $d_{e\max}$ — минимальная и максимальная частная ВПО дрейфа для ИП, полученных в результате расхождения при ДВПС.

Суммарная ВПО местоположения ИП MiniMax рассчитывается по формуле (1), однако в нее подставляется значение суммарной ВПО дрейфа согласно уравнению (10). Если за ИП MiniMax принята середина отрезка, соединяющего два ИП, полученных в результате расхождения при ДВПС, то окружности частных ВПО дрейфа ИП могут выходить за пределы окружности суммарной ВПО дрейфа [10]. Если за ИП MiniMax принята середина отрезка, соединяющего внешние стороны окружностей частных ВПО дрейфа ИП, полученных в результате расхождения при ДВПС, то окружность суммарной ВПО дрейфа будет касаться окружностей частных ВПО дрейфа ИП, полученных в результате расхождения при ДВПС [11].

Район поиска представляет собой квадрат, стороны которого касаются окружности поиска. При этом окружность поиска строится так, что включает оба ИП, а центром окружности поиска является точка ИП MiniMax (см. рис. 3). Радиус окружности поиска рассчитывается с использованием выражения $R_0 = f_s E$. При этом коэффициент поиска f_s определяется количеством проведенных поисков, а не величиной имеющегося поискового усилия. Для первого поиска $f_s = 1,1$, в последующих поисках его пошагово увеличивают до 2,5, что соответствует пятому поиску.

Методика канадского средства планирования поиска и спасения на море «Canadian Maritime Search and Rescue Planning Tool (CANSARP)» [12]–[14]. Данная методика является модификацией ранее рассмотренной методики «Канадского национального дополнения к «Руководству МАМПС»». Район поиска определяется точно так же, как и в предыдущей методике. Далее выполняется определение области, в которой считается наиболее возможным нахождение ОПС, данная область называется *дугой вероятности*. В процессе поиска, начиная с данной области, предполагается производить разворачивание поискового усилия, охватывая им весь район поиска.

Для определения дуги вероятности выполняется расчет перемещения множества исходных точек, изначально расположенных в одних и тех же географических координатах ИП ПИМ ОПС и имеющих каждая свой угол ДвПС, который остается неизменным на протяжении всего периода дрейфа. Вектор скорости ДвПС для каждой исходной точки определяется на основании частного угла ДвПС и общей для всей группы исходных точек функциональной зависимости между модулем скорости ДвПС и скорости ветра.

Расчет перемещения исходных точек выполняется с помощью сложения вектора суммарного водного течения с вектором ДвПС отдельно для каждой исходной точки. Из всей группы исходных точек две точки дрейфуют относительно поверхности воды по направлению углов дивергенции в правую и левую сторону, для остальных исходных точек определяются углы ДвПС, исходя из деления суммы правого и левого углов дивергенции на равные углы между соседними исходными точками [12] — рис. 4.

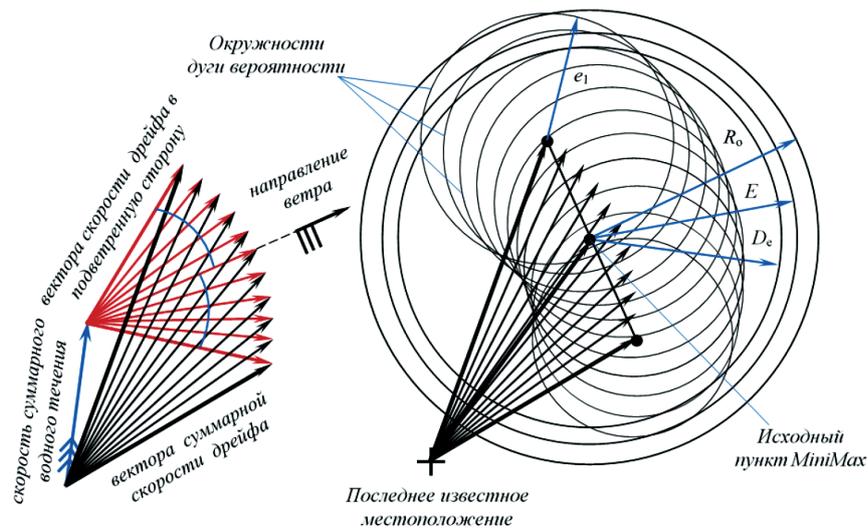


Рис. 4. Район поиска согласно методике Canadian Maritime Search and Rescue Planning Tool

После определения новых координат исходных точек рассчитывается частная ВПО местоположения e_i относительно каждой i -й исходной точки, включая две исходные точки, дрейфующие относительно поверхности воды по направлению углов дивергенции [13]:

$$e_i = \sqrt{d_{ei}^2 + X^2}. \quad (11)$$

Дуга вероятности местоположения ОПС представляет собой область, ограниченную совокупностью окружностей, построенных относительно каждой i -й исходной точки с радиусом частной ВПО местоположения. Дуга вероятности построена с использованием одиннадцати исходных точек, две крайние из которых представляют собой точки, дрейфующие относительно поверхности воды по направлению углов дивергенции. Двенадцатая новая исходная точка, находящаяся в центре окружности оптимального радиуса, является ИП MiniMax. Пример построения оптимального района поиска приведен на рис. 4. Данная методика представлена авторами в компьютерной реализации [12]–[14].

Методика морского университета в г. Гдыне [15]–[17]. В данной методике ИП ПИМ ОПС задается исходной точкой, при этом считается, что форма района поиска может изменяться от круговой до эллиптической в процессе дрейфа [15]. Исходя из этого район поиска может быть представлен прямоугольником со вписанным эллипсом или непосредственно самим эллипсом (семейством эллипсов), в котором с заданной вероятностью (вероятностью локализации) находится ОПС. Прежде всего, данную методику отличает способ учета дрейфа. Так, новые координаты ИП определяют перемещением ИП по направлению вектора ДвПС и вектора водного течения, исключая крайнюю составляющую ветрового течения. При этом направление вектора ДвПС считают совпадающим с направлением вектора ветра. Влияние составляющей ветрового течения на ВМ ОПС автор методики Z. Вигсіи предлагает учитывать в виде изменяющихся элементов охватывающего район эллипса. Эллипс с полуосями l_1 и l_2 , расположенными, соответственно, по направлению обратного курса ветра и перпендикулярно к направлению ветра l_2 , показан на рис. 5.

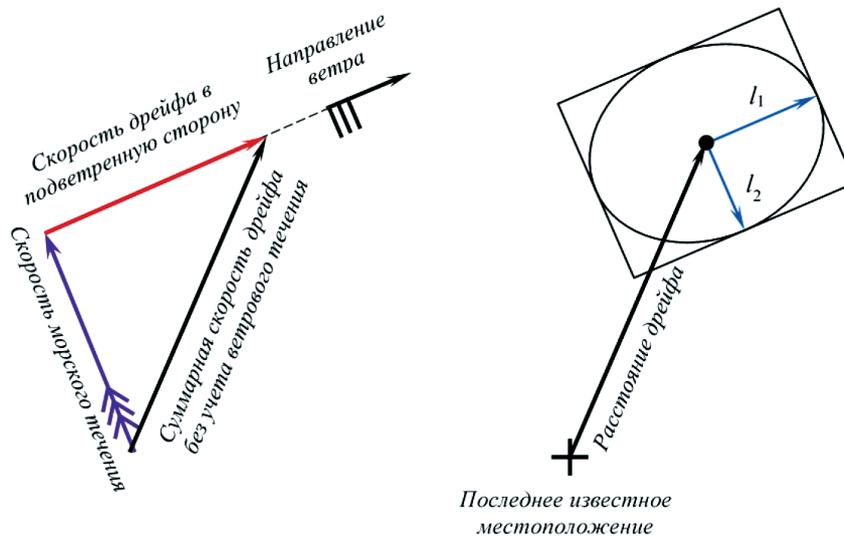


Рис. 5. Район поиска по методике морского университета в г. Гдыне

Влияние со стороны дрейфа на размеры полуосей эллипса описано следующими выражениями [15]–[16]:

$$l_1(t) = (V_{pr} + B_{tr})t + W_{SE}(t); \quad (12)$$

$$l_2(t) = (\sin(K_p - K_w)V_{pr})t + W_{DE}(t), \quad (13)$$

где l_1 — длина ориентированной по направлению ветра полуоси эллипса;
 l_2 — длина ориентированной перпендикулярно направлению ветра полуоси эллипса;
 V_{pr} — скорость ветрового течения, являющаяся функцией скорости ветра W ;
 B_{tr} — погрешность оценки скорости ДвПС, обусловленная влиянием загрузки ОПС;
 W_{SE} — составляющая, обусловленная влиянием погрешности определения скорости ветра;
 K_p — направление ветрового течения, представлено функцией скорости ветра и K_w ;
 K_w — направление ветра (обратный курс ветра);
 W_{DE} — составляющая, обусловленная влиянием погрешности определения направления ветра.

При этом, согласно выражениям источника [15], запишем:

$$W_{DE}(t) = \sin \alpha \cdot V_{tr}t; \quad (14)$$

$$W_{SE}(t) = q\Delta Wt, \quad (15)$$

где $V_{\text{тр}}$ — скорость ДвПС в исследовании Burgiu [15], заданная в виде полинома от 4-й до 7-й степени по переменной — скорости ветра W ;

α — погрешность определения направления ветра;

ΔW — погрешность определения скорости ветра;

q — коэффициент, определяющий приращение, обусловленное влиянием погрешности определения скорости ветра (для спасательных плотов приводится в зависимости от наличия плавучего якоря).

Данная методика имеет компьютерную реализацию «Search and Rescue Computer Aided System SARCAS 2000» [17].

Методика компьютерной системы поддержки планирования поиска «Computer Assisted Search Planning (CASP)» [18], [19]. Данная методика основана на представлении возможного местоположения при дрейфе ОПС совокупностью достаточно большого числа виртуальных дрейфующих единиц. Виртуальная дрейфующая единица является информационным эквивалентом объекта поиска и спасания. Дрейфующие единицы названы *репликациями ОПС*, а их совокупность — *ансамблем*. Репликации определяют ВМ и характер распределения вероятностей ВМ ОПС. Вероятность локализации ОПС в области пространства (например, ячейки координатной сетки), где находится некоторое количество репликаций ОПС, определяется суммой весов данных репликаций, при этом между собой они имеют равный вес. Репликации изначально расположены в районе случайным образом в соответствии с заданным начальным законом распределения плотности вероятностей местоположения ОПС. Репликации не взаимодействуют между собой и имеют дрейфовые характеристики ОПС с учетом их возможных значений. В общем случае дрейфовые характеристики репликаций задаются из значений смоделированной случайной величины дрейфа ОПС. В частности, вектора ДвПС в данной методике строятся следующим образом [18], [19]:

– для каждой репликации выбирается угол ДвПС случайным образом из равномерного распределения между максимально левым и правым углом дивергенции, при этом угол ДвПС в репликации поддерживается на протяжении всего времени моделирования дрейфа;

– для каждой репликации в интервале $(k \pm 1/3k) \cdot W$ выбирается модуль скорости ДвПС случайным образом из равномерного закона распределения исходя из значения множителя скорости ДвПС k и скорости ветра W , при этом модуль скорости ДвПС в репликации поддерживается на протяжении всего цикла моделирования дрейфа. Значение множителя скорости ДвПС k соответствует коэффициенту дрейфа в подветренную сторону.

Таким образом, если все репликации в начальный момент дрейфа сгенерировать с одним и тем же значением координат и выполнить расчет их ДвПС, то полученный район будет представлять собой дугу, внутри которой репликации распределены равномерно случайным образом, ограниченную правым и левым углами дивергенции, а также верхним и нижним смещением (рис. 6).

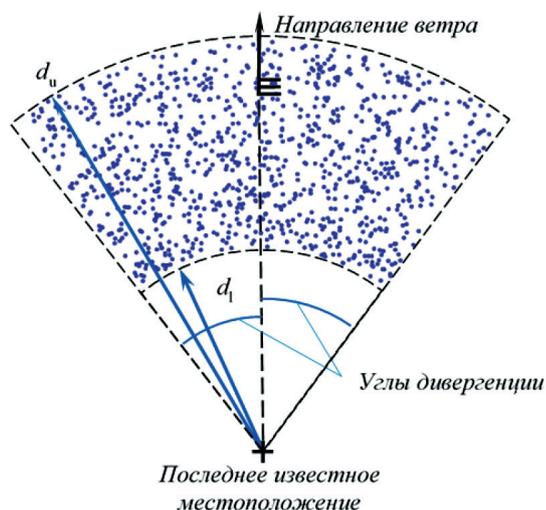


Рис. 6. Возможный район объекта поиска и спасания, полученный с использованием методики Computer Assisted Search Planning

При этом площадь такого района можно определить из выражений [19]:

$$S = (\alpha_D \cdot \pi / 180) \cdot (d_u^2 - d_l^2); \quad (16)$$

$$d_{u,l} = (k \pm 1 / 3k) \cdot Wt, \quad (17)$$

где α_D — угол дивергенции в градусах;

d_u, d_l — соответственно верхнее и нижнее смещение.

Методика моделирования распределения дрейфа в подветренную сторону [19]–[28].

Данная методика также определяет возможное местоположение ОПС с использованием подхода, основанного на моделировании дрейфа ансамблем репликаций [19]. В отличие от ранее рассмотренной методики, в качестве ключевых параметров модели ДВПС используется функциональная зависимость между составляющими скоростей дрейфа ОПС относительно поверхности воды по направлению обратного курса ветра и бокового смещения относительно линии ветра от его скорости. Вектора ДВПС для каждого члена ансамбля получают из уравнений парной линейной регрессии для составляющих скорости ДВПС по направлению обратного курса ветра L_d и бокового смещения вправо L_{+c} и влево L_{-c} соответственно. Для каждого члена ансамбля с учетом случайных возмущений коэффициента ДВПС имеют место следующие выражения для расчета скорости ДВПС [20]–[22]:

$$L_{d, \pm A} = a_{d, \pm A} \cdot W + b_{d, \pm A}, \quad (18)$$

где $a_{d, \pm c}, b_{d, \pm c}$ — коэффициенты линейной регрессии ДВПС с учетом возмущения, позволяющие ансамблю воспроизводить гетероскедастичность: $a_{d, \pm c} = \hat{a}_{d, \pm c} + \varepsilon_{d, \pm c} / 20$, $b_{d, \pm c} = \hat{b}_{d, \pm c} + \varepsilon_{d, \pm c} / 2$;

$\hat{a}_{d, \pm c}, \hat{b}_{d, \pm c}$ — коэффициенты линейной регрессии ДВПС;

$\varepsilon_{d, \pm c}$ — случайная ошибка модели, имеющая нормальное распределение с математическим ожиданием, равным нулю, и известным полученным экспериментально среднеквадратическим отклонением $\sigma_{d, \pm c}$.

Ориентация векторов ДВПС членов ансамбля относительно линии ветра распределена одинаково и остается неизменной во время моделирования, за исключением моделирования эффекта случайной смены ориентации вектора ДВПС относительно линии ветра. Пример района, полученного при расчете ДВПС, если все репликации в начальный момент дрейфа сгенерировать с одним и тем же значением координат, представлен на рис. 7.

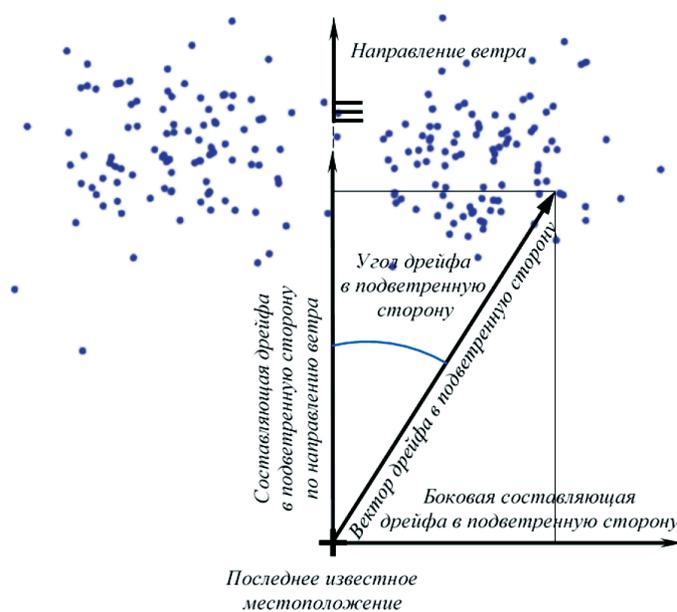


Рис. 7. Возможный район объекта поиска и спасания, полученный с использованием методики моделирования распределения дрейфа в подветренную сторону

Целесообразно отметить, что данная методика, в отличие от предыдущей, более достоверно моделирует физический процесс дрейфа, что прежде всего обусловлено выбором качества ключевых параметров ДвПС, составляющих ДвПС по направлению обратного курса ветра и бокового смещения относительно линии ветра. В настоящее время активно исследуются возможности использования данной методики с учетом особенностей конкретной акватории и дрейфовых свойств потенциально возможных ОПС определенного типа [22]–[26]. Примером компьютерных программ, основанных на данной методике, являются: «Search and Rescue Optimal Planning System» [20]; «OpenDriftv1.0» [27]; «Search and Rescue Model and Response System» [28].

Обсуждение (Discussion)

Для рассмотренных методик можно выделить в качестве признака способ представления возможного местоположения при моделировании дрейфа. По данному признаку методики определения ВМ можно классифицировать на *аналитические* и *численные*. Аналитические методики основаны на представлении ВМ геометрической фигурой, построенной относительно множества исходных точек. Моделирование влияния дрейфа на возможное местоположение объекта поиска и спасения осуществляется смещением местоположения исходных точек и изменением погрешности определения местоположения. Различные виды ИП ПИМ ОПС (исходная линия, исходный район) частично могут моделироваться путем их представления совокупностью исходных точек. Учет изменения неопределенности местоположения ОПС в процессе дрейфа ОПС реализуется за счет изменения геометрической фигуры, построенной относительно исходных точек, в которой с некоторой вероятностью (вероятностью локализации) находится ОПС. Достоверность моделирования зависит от наличия ограничений в представлении конкретной геометрии района и характера вероятностей локализации ОПС множеством исходных точек, а также качества разработанных моделей дрейфа. Численные методики основаны на представлении ВМ совокупностью достаточно большого числа репликаций ОПС, расположенных в пространстве согласно распределению вероятностей локализации ОПС. Моделирование влияния дрейфа на возможное местоположение объекта поиска и спасения осуществляется смещением положений репликаций согласно реализациям случайной величины дрейфа объекта поиска и спасения. Учет изменения неопределенности местоположения ОПС при моделировании дрейфа ОПС реализуется за счет изменения плотности репликаций в пространстве [29]. При этом достоверность моделирования с использованием численных методик прежде всего зависит от количества репликаций, а также от качества разработанных моделей дрейфа.

Заключение (Conclusion)

Таким образом, комплексное исследование имеющихся методик и их компаративный анализ свидетельствуют о том, что ключевым преимуществом численных методик перед аналитическими является их гибкость в возможности представления различных видов ИП при дрейфе, в том числе с вероятностью распределения локализации ОПС, нехарактерной для аналитических законов представления случайных величин. Кроме того, использование численных методик позволяет более полно учесть различие влияний условий внешней среды в различных точках района на оценку предполагаемого местоположения и состояния ОПС при его дрейфе. Кроме того, следует особо отметить, что в существующих методиках определения ВМ ОПС довольно проблематичным остается математический компонент учета параметров дрейфа, не позволяющий учесть влияние некоторых факторов внешней среды на движение ОПС [30], [31]. Такая ситуация, на наш взгляд, актуализирует целесообразность усовершенствования математической модели морского дрейфа ОПС, а также способствует поиску новых методик определения ВМ ОПС с ориентировкой на численные подходы к решению этой задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по международному авиационному и морскому поиску и спасанию. МАМПС: в 3 т. — Лондон: ИМО; Монреаль: ИКАО, 2016. — Т. 2: Координация операций. — 562 с.

2. Поиск-Море СКЦ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://poiskmore.smrcc.ru/> (дата обращения: 09.09.2019)
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019615112 Российская Федерация. Модуль организации проведения поисково-спасательных операций (работ) координационного центра поиска и спасания; заяв. и патентообл. ООО «Паллада», Н. Н. Сметанин. — № 2019613897; заявл. 03.04.2019; опубл. 18.04.2019.
4. Улитенков М. В. Программный комплекс обеспечения проведения поисковых, аварийно-спасательных операций «Поиск-Море»: руководство пользователя, ред. 3.5/ М. В. Улитенков, И. К. Малютин, П. А. Тарасов; под общ. ред. Н. Н. Сметанин. — М.: ООО «Паллада», 2013. — 137 с.
5. Руководство по международному авиационному и морскому поиску и спасанию. МАМПС: в 3 т. — Лондон: ИМО; Монреаль: ИКАО, 2016. — Т. 3: Подвижные средства. — 310 с.
6. Мореходные таблицы (МТ—2000). № 9011. — СПб.: ГУНиО МО РФ, 2002. — 576 с.
7. Руководство по оценке точности кораблевождения (РОТК). № 9341. — Л.: ГУ МО СССР, 1970. — 86 с.
8. Бень А. П. Выход в исходную точку поиска в кратчайшее время при осуществлении поисково-спасательных операций / А. П. Бень, В. Н. Плющ // Научный вестник Херсонского Государственного Морского Института. — 2010. — № 1 (2). — С. 24–35.
9. Canadian Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual: Supplement to the IAMSAR Manual: Combined edition Vols. I, II, III. — Canada: Canadian Coast Guard, 2014. — 522 p.
10. Коровин А. Г. Предполагаемые направления развития системы поиска и спасания в море / А. Г. Коровин // Транспортное дело России. — 2011. — № 12. — С. 215–222.
11. Yang O. Drift model for ship out of control at sea / O. Yang // 2011 Chinese Control and Decision Conference (CCDC). — IEEE, 2011. — Pp. 550–554. DOI:10.1109/CCDC.2011.5968242.
12. CANSARP V 5.0 User Manual. — Canada: Canadian Coast Guard, 2009. — 248 p.
13. CANSARP V 3.2 Technical Manual. — Vancouver: Seaconsult Marine Research Ltd, 1993. — 51 p.
14. Choisnard J. Comparison of C-band SAR algorithms to derive surface wind vectors and initial findings in their use in marine search and rescue / J. Choisnard, D. Power, F. Davidson, B. Stone, C. Howell, C. Randell // Canadian Journal of Remote Sensing. — 2007. — Vol. 33. — Is. 1. — Pp. 1–11. DOI: 10.5589/m07-002.
15. Burciu Z. SAR action effectiveness measures / Z. Burciu, A. Starosta // Journal of KONBIN — 2008. — Vol. 6. — Is. 3. — Pp. 137–152. DOI: 10.2478/v10040-008-0063-1.
16. Burciu Z. The Model of Surface Currents Field as an Element of Determining Search Domain / Z. Burciu // IFAC Proceedings Volumes. — 2003. — Vol. 36. — Is. 21. — Pp. 85–89. DOI: 10.1016/S1474-6670(17)37788-1.
17. Burciu Z. Reliability and uncertainty in determining search area during Search-and Rescue action / Z. Burciu // Polish maritime research. — 2012. — Vol. 19. — Is. 1. — Pp. 21–30. DOI: 10.2478/v10012-012-0003-9.
18. Raunig D. L. Computer Aided Search Planning (CASP) Version 1.0 Validation Interim Report: U. S. Coast Guard Informal Report / D. L. Raunig, R. Q. Robe, B. D. Perkins. — U. S. Coast Guard, Office of Engineering, Logistics, and Development, 1995. — 44 p.
19. Allen A. Review of Leeway: Field Experiments and Implementation: Report No.CG-D-08-99/ A. Allen, J. Plourde. — Groton: USCG R&D Center, 1999. — 351 p.
20. Breivik Ø. An operational search and rescue model for the Norwegian Sea and the North Sea. / Ø. Breivik, A. A. Allen // Journal of Marine Systems. — 2008. — Vol. 69. — Is. 1-2. — Pp. 99–113. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2007.02.010.
21. Coppini G. A new search-and-rescue service in the Mediterranean Sea: A demonstration of the operational capability and an evaluation of its performance using real case scenarios / G. Coppini, E. Jansen, G. Turrisi, S. Creti, E. Y. Shchekinova, N. Pinardi, et al // Natural Hazards and Earth System Sciences. — 2016. — Vol.16. — Is.12. — Pp. 2713–2727. DOI: 10.5194/nhess-16-2713-2016.
22. Shchekinova E. Numerical reconstruction of trajectory of small-size surface drifter in the Mediterranean Sea / E. Shchekinova, Y. Kumkar, G Coppini // Ocean Dynamics. — 2016. — Vol. 66. — Is. 2. — С. 153–161. DOI: 10.1007/s10236-015-0916-9.
23. Maio A. D. Evaluation of the search and rescue LEEWAY model in the Tyrrhenian Sea: a new point of view / A. D. Maio, M. V. Martin, R. Sorgente // Natural Hazards and Earth System Sciences. — 2016. — Vol. 16. — Is. 8. — Pp. 1979–1997. DOI: 10.5194/nhess-16-1979-2016.
24. Brushett B. Application of Leeway Drift Data to Predict the Drift of Panga Skiffs: Case Study of Maritime Search and Rescue in the Tropical Pacific. / B. Brushett, A. A. Allen, B. A. King, C. J. Lemckert // Applied Ocean Research. — 2017. — Vol. 67 — Pp. 109–124. DOI: 10.1016/j.apor.2017.07.004.

25. Brushett B. A. Assessment of ocean forecast models for search area prediction in the eastern Indian Ocean / B. A. Brushett, B. A. King, C.J. Lemckert // *Ocean Modelling*. — 2016. — Vol. 97. — Pp. 1–15. DOI: 10.1016/j.ocemod.2015.11.002.
26. Усольцев И. И. Прогноз траекторий дрейфа плавающих объектов на поверхности охотского моря / И. И. Усольцев, Т. Р. Кильматов // *Международный научно-исследовательский журнал* — 2017. — № 1-2 (55). — С. 68–72. DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.058.
27. Dagestad K.-F. OpenDriftv1.0: a generic framework for trajectory modelling / K.-F. Dagestad, J. Röhrs, Ø. Brevik, B. Ådlandsvik // *Geoscientific Model Development*. — 2018. — Vol. 11. — Is. 4. — Pp. 1405–1420. DOI: 10.5194/gmd-11-1405-2018.
28. Futch V. Search and Rescue Applications: On the Need to Improve Ocean Observing Data Systems in Offshore or Remote Locations / V. Futch, A. Allen // *Frontiers in Marine Science*. — 2019. — Vol. 6. — Pp. 301. DOI: 10.3389/fmars.2019.00301
29. Bugajski G. Using the Monte Carlo method to create probability maps for search and rescue operations at sea / G. Bugajski // *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie*. — 2016. — No. 48 (120). — Pp. 71–74. DOI: 10.17402/178.
30. Селезень Я. Ю. Экспериментальные исследования дрейфа объектов поиска и спасания на море / Я. Ю. Селезень // *Вестник государственного морского университета им. адмирала Ф.Ф. Ушакова*. — 2016. — № 4 (17). — С. 20–23.
31. Селезень Я. Ю. Теоретические исследования дрейфа объектов поиска и спасания на море / Я.Ю. Селезень // *Эксплуатация морского транспорта*. — 2016. — Спецвыпуск. — С. 14–20.

REFERENCES

1. *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual. IAMSAR. Vol. I. Mission Co-Ordination*. London: IMO; Montreal: ICAO, 2016.
2. Poisk-More SKTs. Web. 9 Sept. 2019 <<http://poiskmore.smrcc.ru/>>.
3. Smetanin, N. N. Certificate № 2019615112. Modul' organizatsii provedeniya poiskovo-spasatel'nykh operatsii (rabot) koordinatsionnogo tsentra poiska i spasaniya. Russian Federation, assignee. Publ. 18 April 2019.
4. Ulitenkov, M. V., I. K. Malyutin, and P. A. Tarasov. *Programmnyi kompleks obespecheniya provedeniya poiskovykh, avariino-spasatel'nykh operatsii «Poisk-More»*. *Rukovodstvo pol'zovatelya*. Edited by N.N. Smetanin. M.: ООО «Pallada», 2013.
5. *International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual. IAMSAR. Vol. II. Mobile Facilities*. London: IMO; Montreal: ICAO, 2016.
6. *Morekhodnye tablitsy (MT—2000). № 9011*. SPb.: GUNiO MO RF, 2002.
7. *Rukovodstvo po otsenke tochnosti korablevozhdeniya (ROTK). № 9341*. L.: GU MO SSSR, 1970.
8. Ben', A. P., and V. N. Plyushch. “Vykhod v iskhodnyuyu tochku poiska v kratchaishee vremya pri osushchestvlenii poiskovo-spasatel'nykh operatsii.” *Nauchnyi vestnik Khersonskogo Gosudar-stvennogo Morskogo Instituta* 1(2) (2010): 24–35.
9. *Canadian Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual: Supplement to the IAMSAR Manual*. Combined edition Vols. I, II, III. Canada: Canadian Coast Guard, 2014.
10. Korovin, A. “Prospective directions of development of search and rescue at sea.” *Transport business of Russia* 12 (2011): 215–222.
11. Yang, Ou. “Drift model for ship out of control at sea.” *2011 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*. IEEE, 2011. 550–554. DOI:10.1109/CCDC.2011.5968242
12. *CANSARP V 5.0 User Manual*. Canada: Canadian Coast Guard, 2009.
13. *CANSARP V 3.2 Technical Manual*. Vancouver: Seaconsult Marine Research Ltd, 1993.
14. Choisnard, Julien, Desmond Power, Fraser Davidson, Brian Stone, Carl Howell, and Charles Randell. “Comparison of C-band SAR algorithms to derive surface wind vectors and initial findings in their use in marine search and rescue.” *Canadian Journal of Remote Sensing* 33.1 (2007): 1–11. DOI: 10.5589/m07-002.
15. Burciu, Zbigniew, and Andrzej Starosta. “SAR action effectiveness measures.” *Journal of KONBIN* 6.3 (2008): 137–152. DOI: 10.2478/v10040-008-0063-1.
16. Burciu, Zbigniew. “The model of surface currents field as an element of determining search domain.” *IFAC Proceedings Volumes* 36.21 (2003): 85–89. DOI: 10.1016/S1474-6670(17)37788-1.

17. Burciu, Zbigniew. “Reliability and uncertainty in determining search area during Search-and Rescue action.” *Polish Maritime Research* 19.1 (2012): 21–30.
18. Raunig, D.L., R.Q. Robe, and B.D. Perkins. *Computer Aided Search Planning (CASP) Version 1.0 Validation Interim Report: U.S. Coast Guard Informal Report*. U.S. Coast Guard, Office of Engineering, Logistics, and Development, 1995.
19. Allen, A., and J. Plourde. *Review of Leeway: Field Experiments and Implementation: Report No. CG-D-08-99*. Groton: USCG R&D Center, 1999.
20. Breivik, Øyvind, and Arthur A. Allen. “An operational search and rescue model for the Norwegian Sea and the North Sea.” *Journal of Marine Systems* 69.1-2 (2008): 99–113. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2007.02.010.
21. Coppini, Giovanni, Eric Jansen, Giuseppe Turrise, Sergio Creti, Elena Yurievna Shchekinova, Nadia Pinardi, Rita Lecci, Ivano Carluccio, Yogesh Vittal Kumkar, Alessandro D’Anca, Gianandrea Mannarini, Sara Martinelli, Palmalisa Marra, Tommaso Capodiferro, and Tommaso Gismondi. “A new search-and-rescue service in the Mediterranean Sea: a demonstration of the operational capability and an evaluation of its performance using real case scenarios.” *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16.12 (2016): 2713–2727. DOI: 10.5194/nhess-16-2713-2016.
22. Shchekinova, Elena Y., Yogesh Kumkar, and Giovanni Coppini. “Numerical reconstruction of trajectory of small-size surface drifter in the Mediterranean sea.” *Ocean Dynamics* 66.2 (2016): 153–161. DOI: 10.1007/s10236-015-0916-9.
23. Maio, Antonia Di, Mathew V. Martin, and Roberto Sorgente. “Evaluation of the search and rescue LEEWAY model in the Tyrrhenian Sea: a new point of view.” *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16.8 (2016): 1979–1997. DOI: 10.5194/nhess-16-1979-2016
24. Brushett, Ben A., A. A. Allen, B. A. King, and C. J. Lemckert. “Application of leeway drift data to predict the drift of panga skiffs: Case study of maritime search and rescue in the tropical pacific.” *Applied Ocean Research* 67 (2017): 109–124. DOI: 10.1016/j.apor.2017.07.004.
25. Brushett, Ben A., Brian A. King, and Charles J. Lemckert. “Assessment of ocean forecast models for search area prediction in the eastern Indian Ocean.” *Ocean Modelling* 97 (2016): 1–15. DOI: 10.1016/j.ocemod.2015.11.002.
26. Usoltsev, I.I., and T.R. Kilmatorov. “Forecast of leeway’s trajectories of free-drifting objects on the surface of the Okhotsk sea.” *International Research Journal* 1-2(55) (2017): 68–72. DOI: 10.23670/IRJ.2017.55.058.
27. Dagestad, K.-F., J. Röhrs, Ø. Breivik, and B. Ådlandsvik. “OpenDriftv1.0: a generic framework for trajectory modeling.” *Geoscientific Model Development* 11.4 (2018): 1405–1420. DOI: 10.5194/gmd-11-1405-2018.
28. Futch, Victoria Carrie, and Arthur Allen. “Search and Rescue Applications: On the Need to Improve Ocean Observing Data Systems in Offshore or Remote Locations.” *Frontiers in Marine Science* 6 (2019): 301. DOI: 10.3389/fmars.2019.00301.
29. Bugajski, Grzegorz. “Using the Monte Carlo method to create probability maps for search and rescue operations at sea.” *Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie* 48(120) (2016): 71–74. DOI: 10.17402/178.
30. Selezhen, Y.Y. “Experimental researches of the search and rescue objects drift at sea.” *Vestnik gosudarstvennogo morskogo universiteta im. admirala F.F. Ushakova* 4(17) (2016): 20–23.
31. Selezhen’, Ya.Yu. “Teoreticheskie issledovaniya dreifa ob’ektov poiska i spasaniya na more.” *Ekspluatatsiya morskogo transporta Spetsvypusk* (2016): 14–20.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Селезень Ярослав Юрьевич —
 старший преподаватель
 ФГБОУ ВО «Государственный морской
 университет им. адм. Ф. Ф. Ушакова»
 353918, Российская Федерация, г. Новороссийск,
 пр. Ленина, 93
 e-mail: yarselezen@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Selezen, Yaroslav Y. —
 Senior Lecturer
 Admiral Ushakov State
 Maritime University
 93 Lenin’s Av., Novorossiysk, 353918,
 Russian Federation
 e-mail: yarselezen@gmail.com

Статья поступила в редакцию 8 ноября 2019 г.
 Received: November 8, 2019.