УДК 656.61

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДРЕЙФА В ПОДВЕТРЕННУЮ СТОРОНУ ОБЪЕКТОВ ПОИСКА И СПАСАНИЯ НА МОРЕ

Я.Ю. Селезень, А.Л. Боран-Кешишьян

ФГБОУ ВО «Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова», РФ, г. Новороссийск, проспект Ленина, 93
E-mail: y.selezen@mail.ru
E-mail: keshishyan@mail.ru

Приводится классификация и анализ методов определения параметров дрейфа объектов поиска и спасания в рамках модели «дрейф в подветренную сторону», используемой в практике планирования поисково-спасательных операций на море.
Ключевые слова: дрейф в подветренную сторону, неконтролируемый дрейф, морские аварии, прогнозирование дрейфа, поиск и спасание.

Введение. В настоящее время в практике определения неконтролируемого перемещения объектов поиска и спасания под действием внешних сил используется модель «дрейфа в подветренную сторону», зарекомендовавшая себя своей простотой и возможностью оперативной реализации при планировании поисково-спасательных операций или расчете траектории морских дрифтеров [1, 2].

Задачей настоящего исследования является анализ и классификация методов определения параметров дрейфа потенциальных объектов поиска и спасания в рамках модели «дрейф в подветренную сторону».

Согласно указанной модели движение объектов поиска и спасания при отсутствии якоря или больших глубинах происходит под действием ветра и течения. Дрейф в подветренную сторону определяется как перемещение объекта поиска и спасания в воде, вызванное воздействием ветра на его части, выступающие над водной поверхностью [2]. Совместным действием с различными видами поверхностных течений дрейф в подветренную сторону, определяемый типом объекта и скоростью ветра, образует суммарный дрейф объекта.

Целью исследований параметров дрейфа в рамках данной модели, прежде всего, является определение зависимости между вектором скорости рассматриваемого типа объекта относительно воды и вектором скорости ветра относительно воды.

Параметры дрейфа в подветренную сторону объектов поиска и спасания исследуют в поточной прямоугольной системе координат движения ветра относительно воды. Так, поступательное движение объекта относительно воды характеризуют составляющими перемещения и скорости по направлению обратного курса ветра и бокового смещения относительно линии обратного курса ветра, либо модулем и углом расхождения направления вектора перемещения и скорости в подветренную сторону от направления обратного курса ветра [3]

$$L_x = |L|\sin(90^\circ - \alpha), \quad (1)$$

$$L_y = |L|\cos(90^\circ - \alpha), \quad (2)$$

$$k = \frac{|L|}{W}, \quad (3)$$

где L_x, L_y – составляющие по направлению обратного курса ветра и бокового смещения вектора скорости L в подветренную сторону; α – угол расхождения в подветренную сторону; k – коэффициент дрейфа в подветренную сторону.

В правую сторону боковое смещение считают положительным, в левую – соответственно, отрицательным, угол расхождения в подветренную сторону, выражаемый в полукруговой системе счета по часовой стрелке – положительный, против – отрицательный, рис. 1 [3].

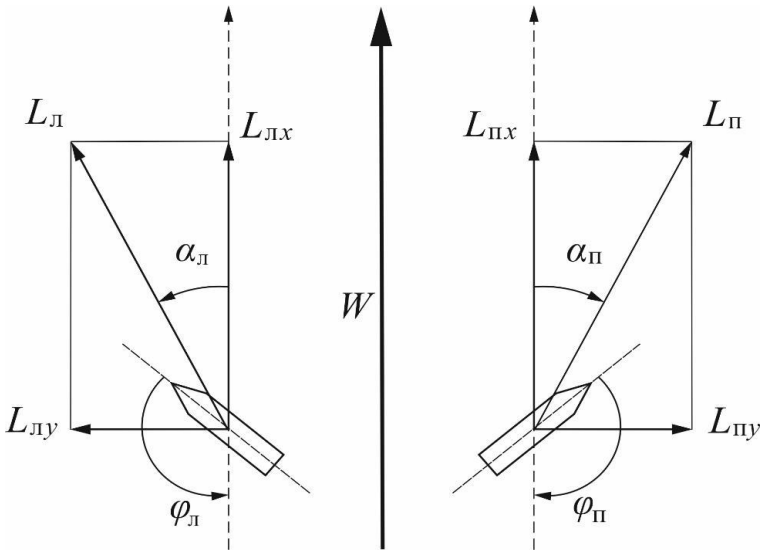

Рис. 1. Дрейф в подветренную сторону объекта поиска и спасания

Сторона расхождения направления дрейфа в подветренную сторону относительно ветра при исследованиях определяется при установившемся движении и, кроме того, существует вероятность ее изменения в реальных условиях. Помимо вышеуказанных основных параметров также в данной модели при оценке дрейфа могут использоваться угол φ между носовой частью диаметральной плоскости объекта и курсом ветра, статистическая вероятность смены направления дрейфа за час на относительно противоположное и другие [4, 5].

Метод полевых исследований. Производят серию многократных наблюдений в реальных условиях с различными скоростями ветра, используя непосредственно типовой объект или модель объекта, следуя принципам подобия. Данный метод дифференцируют на прямой и косвенный в зависимости от способа определения относительной скорости. Сущность прямого метода заключается в непосредственном измерении относительной скорости объекта путем использования лага, установленного на объекте. При косвенном за назначенный промежуток времени из общего вектора перемещения объекта вычитают вектор течения и алгебраически определяют скорость дрейфа в подветренную сторону [3].

Параметры дрейфа в подветренную сторону определяют относительно ветра, измеренного на высоте 10 м над уровнем моря с учетом морского течения на глубине 0,3 м.

Произведя выборку по сторонам дрейфа, определяют зависимость между скоростью ветра и модулем скорости дрейфа в подветренную сторону, а также среднее значение угла дрейфа в подветренную сторону и среднеквадратичную погрешность данного угла [4]. Зависимость между модулем скорости дрейфа в подветренную сторону и модулем скорости ветра исследуемой категории объектов, как правило, выражают уравнением парной линейной регрессии

$$L = a + bW + \varepsilon, \qquad (4)$$

где a, b – коэффициенты регрессии; W – скорость ветра; ε – случайная ошибка модели.

Согласно другому подходу – через уравнения парной линейной регрессии – определяют зависимость между скоростью ветра и составляющими скорости дрейфа в подветренную сторону [5]

$$L_x = a_x + b_x W + \varepsilon_x, \qquad (5)$$

$$L_{пy} = a_{пy} + b_{пy} W + \varepsilon_{пy}, \qquad (6)$$

$$L_{лy} = a_{лy} + b_{лy} W + \varepsilon_{лy}. \qquad (7)$$

Уравнение (6) соответствует боковой составляющей дрейфа с смещением вправо, уравнение (7) – влево. Составляющую скорости дрейфа в подветренную сторону по направлению обратного курса ветра, как правило, определяют общую (5).

Вследствие влияния не принятых во внимание в существующих исследованиях факторов при обработке экспериментальных данных может наблюдаться значение аппроксимирующей функции, отличное от нуля при нулевой скорости ветра и, соответственно, значение коэффициента a, отличное от нуля.

Метод лабораторных исследований. При проведении лабораторных исследований используют модель типового объекта, следуя принципам подобия, и опытовый бассейн, совмещенный с аэродинамической трубой [6].

С использованием опытового бассейна, совмещенного с аэродинамической трубой, определяют наиболее вероятные углы между направлением вектора скорости ветра и носовой частью диаметральной плоскости объекта при установившемся движении. Далее производят определение аэро- и гидродинамических сил сопротивления и бокового смещения и, соответственно, коэффициентов данных сил [7].

Скорость дрейфа в подветренную сторону согласно данному методу может быть найдена из уравнений баланса сил дрейфа [7], в котором учтено влияние аэродинамической силы ветра и гидродинамической силы потока воды при установившемся движении объекта [8, 9]

$$U \approx W\sqrt{\frac{(C_{\text{a}}\rho_{\text{a}}S_{\text{a}})}{(C_{\text{c}}\rho_{\text{c}}S_{\text{c}})}}, \qquad (8)$$

где U – скорость дрейфа в подветренную сторону, найденная из уравнения действующих сил дрейфа при установившемся движении объекта; C_{a} – безразмерный коэффициент аэродинамической силы; ρ_{a} – массовая плотность воздуха; S_{a} – характерная площадь парусности объекта; C_{c} – безразмерный коэффициент гидродинамической силы; ρ_{c} – массовая плотность воды; S_{c} – характерная площадь погруженной части объекта.

Коэффициенты C_{a} и C_{c} являются функциями геометрии корпуса, чисел Рейнольдса, и угловой ориентации объекта к направлениям потоков советующих сред.

Считается, что направление дрейфа совпадает с направлением действия аэродинамической силы, если пренебречь силой волнового дрейфа. В опубликованных полевых и лабораторных методах исследования её непосредственным учетом пренебрегают.

Метод компьютерного имитационного моделирования. Сущность данного метода заключается в полноценном определении параметров дрейфа типового объекта с использованием средств вычислительной техники [10]. Его реализация достигается путем проведения расчетов аэро- и гидродинамических характеристик объекта методами вычислительной аэро-, гидродинамики и имитационным моделированием движения объекта при заданных параметрах виртуальной модели внешней среды. На основе результатов данного моделирования определяется зависимость между параметрами виртуально смоделированной внешней среды и параметрами реакции модели динамики объекта. Преимуществом данного метода является возможность дифференцированного рассмотрения влияния факторов модели внешней среды на модель объекта, а также возможность моделирования экстремальных воздействий с целью определения вероятного опрокидывания, гибели объекта как дополнительных параметров.

Заключение. Основной проблемой определения параметров дрейфа в подветренную сторону в настоящее время остается наличие многообразия неисследованных и не качественно исследованных объектов и их постоянное пополнение.

В практике определения параметров дрейфа ранее наиболее часто использовались методы, основанные на натурном или модельном эксперименте с исполь-

зованием полевых и лабораторных исследований требующие значительных затрат временных и материальных ресурсов. Использование средств вычислительной техники и методов компьютерного имитационного моделирования в настоящее время позволят упростить данную процедуру и разрешить вышеуказанную проблему.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Breivik O., Allen A.A.* An operational search and rescue model for the Norwegian Sea and the North Sea // Journal of Marine Systems, 2008. 69 (1–2). P. 99–113.

2. *Координация* операций // Руководство по международному авиационному и морскому поиску и спасанию: Doc. 9731 – AN / 958: в III томах. Т. II. Лондон: IMO; Монреаль: ICAO, 2010.

3. *Allen A.A., Plourde J.V.* Review of Leeway: Field Experiments and Implementation // Tech. Rep. CG-D-08-99, US Coast Guard Research and Development Center, 1082 Shennecossett Road, Groton, CT, USA, 1999.

4. *Allen A.A.* Leeway Divergence // Tech. Rep. CG-D-05-05, US Coast Guard Research and Development Center, 1082 Shennecossett Road, Groton, CT, USA, 2005.

5. *Wind-induced* drift of objects at sea: the lee-way field method / O. Breivik, A.A. Allen, C. Maisondieu [et al.] // Appl. Ocean. Res. 2011. № 33. P. 100–109.

6. *Formulation* of leeway-drift velocities for sea-surface drifting-objects based on a wind-wave flume experiment / A. Isobe, H. Hinata, S. Kako [et al.] // Interdisciplinary studies on environmental chemistry-marine environmental modeling and analysis. Terrapub., Tokyo, 2011. P. 239–249.

7. *Anderson E.A., Odulo A., Spaulding M.* Modeling of leeway drift // Tech. Rep., CG-D-06-99, US Coast Guard Research and Development Center, 1082 Shennecossett Road, Groton, CT, USA, 1998.

8. *Drift* Modeling of Cargo Containers / P. Daniel, G. Jan, F. Cabioch [et al.] // Spill Science and Technology Bulletin 7 (5–6), 2002. P. 279–288.

9. *Попеко Г.П.* Навигация / Г.П. Попеко, Е.П. Соломатин; ред. и референт чл. редкол. В.Д. Шандабылов. Л.: [б. и.], 1961. 679 с.

10. *Селезень Я.Ю., Боран-Кешишьян А.Л.* Исследование параметров дрейфа в подветренную сторону типовых объектов поиска и спасания на море компьютерным имитационным моделированием // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ–2015»: матер. 11-ой междунар. молодежной науч.-техн. конфер., Севастополь, 6–20 ноября 2015 г. Севастополь: СевГУ, 2015. С. 141.

THE LEEWAY PARAMETERS DETERMINATION METHODS OF SEARCH AND RESCUE OBJECTS AT THE SEA

Ya.Yu. Selezen, A.L. Boran-Keshishyan

Admiral Ushakov Maritime State University, Russian Federation, Novorossiysk, Lenina Av., 93

The classification and the analysis of drift motion parameters determination methods of search and rescue objects, within the "leeway" model used in practice of planning of search and rescue operations at the sea.

Keywords: leeway; uncontrolled drift motion; maritime emergency; drift prediction; search and rescue.