

УДК: 621.653

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РАДИОПОДАВЛЕНИЯ РАДИОКАНАЛОВ «БУЙ-САМОЛЕТ» НА ПРОЦЕССЫ ПОИСКА НА РУБЕЖЕ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ ПРОТИВОЛОДОЧНЫМ САМОЛЕТОМ ПРОТИВНИКА И ПОДДЕРЖАНИЯ КОНТАКТА ПРИ ДАЛЬНЕЙШЕМ СЛЕЖЕНИИ

А.П. Богомолов, Г.В. Кувалдин (Воронеж),
А.Н. Бородавкин, А.А. Рудко (Санкт-Петербург)

Поиск и слежение противолодочным самолетом противника за подвижным подводным объектом является сложным процессом, который зависит от большого количества факторов различного характера: физико-географических характеристик театра действий (геометрических размеров, удаления от баз базирования самолетов, характерных метеоусловий и т.д.), тактико-технических характеристик поискового самолета и его вооружения, условий распространения гидроакустического сигнала (типа гидрологии моря), а также особенностей тактики применения подвижного подводного объекта (подводной лодки, автономного необитаемого подводного аппарата). Совокупность отмеченных характеристик в целом определяет способ применения поискового самолета (тактические приемы и их последовательность применения), тактика поисковых действий с применением авиации подробно описана в [1-5].

В данной статье предлагается подход к оценке эффектов от противодействия средствами радиоэлектронной борьбы радиоканалу передачи радиосигналов (ретрансляции гидроакустических сигналов) радиогидроакустическими буями на поисковый противолодочный самолет противника методами имитационного моделирования.

В качестве исходных данных в разработанной в среде имитационного моделирования AnyLogic модели будем рассматривать типовой сценарий применения противолодочного самолета берегового базирования при поиске и слежении на рубеже [5]. Все типы реализованных в модели барьеров приведены на рисунке 1.

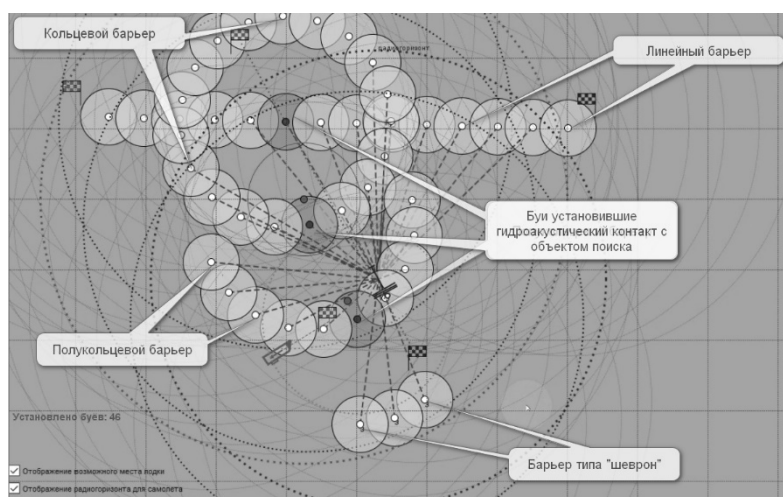


Рис. 1 – Основные типы реализованных в модели барьеров на главном окне визуализации модели

Имитация процессов постановки барьеров радиогидроакустических буйев всех типов осуществляется в соответствии с логикой поведения агента «plane», реализованной в виде диаграммы состояний. Модель агента «plane», реализованная с

применением набора элементов библиотеки «Диаграмма состояний», представлена на рисунке 2.

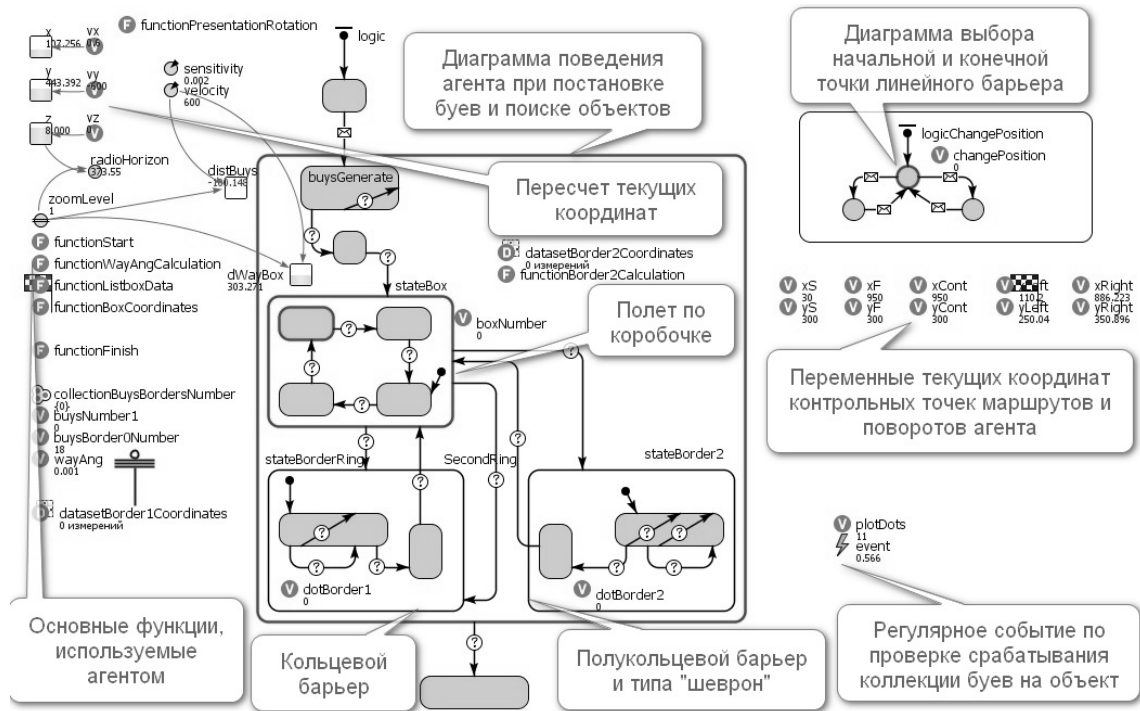


Рис. 2 – Модель агента «plane»

На рисунке 3 приведены основные обозначения визуализируемых элементов модели на примере линейного барьера.

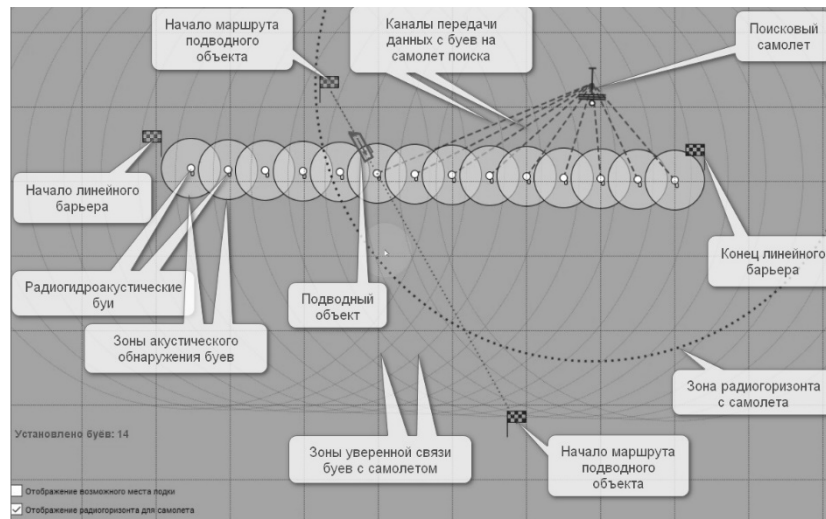


Рис. 3 – Основные обозначения отображаемых элементов на модели линейного барьера

Запуск модели начинается после задания размера и угла наклона линейного барьера для агента «plane» путем перетаскивания «мышью» соответствующих флажков начала и окончания барьера и нажатия в верхней части окна кнопки «Самолет БПА». Агент «plane» начнет в соответствии с радиусом гидроакустического обнаружения буев и степенью их взаимного перекрытия (коэффициентом перекрытия) начнет расставлять

вдоль линейного барьера радиогидроакустические буи и затем перейдет в режим облета барьера по «коробочке» в пределах зон уверенного приема их радиосигналов для контроля их функционирования, как наглядно представлено на рисунке 3.

При этом все данные о порядковом номере барьера, текущих координатах установленных на нем радиогидроакустических буев и их состоянии, как на текущем линейном барьере и всех последующих, заносятся в коллекцию агентов типа «buys», модель которых приведена на рисунке 4а [2].

Далее аналогично агенту «plane» путем перетаскивания «мышью» соответствующих флажков начала и окончания маршрута движения барьера (рисунок 4б) задается генеральный курс движения подводного объекта (агента «submarine») и запускается его в движение нажатием в верхней части окна кнопки «Лодка».



Рис. 4 – Модели основных агентов

В соответствии с основной идеей агентного метода моделирования все взаимодействие агентов модели «plane» и «submarine» осуществляется через агенты типа «buys», которые являются основным связующим элементом. При этом процесс разведки моделируется регулярной проверкой события присутствия агента «submarine» в зоне действия гидрофона (функция «eventDetectionSbmrn()»), программный код которого приведен на рисунке 5.

Установленные с самолета радиогидроакустические буи переводятся в режим гидроакустической разведки и ретрансляции гидроакустических сигналов через случайные промежутки времени, имитирующие отклонения от фиксированных значений: время приводнения, опускания гидрофона, поднятия антенны и включения передатчика радиосигнала от контакта с морской водой. Случайность данных факторов позволяет осуществить учет степени волнения поверхности моря.

Одновременно с заданной интенсивностью в событии event проверяется значение функции «functionBuyReciewed()», определяющее дальность радиогоризонта для текущего нахождения агента «plane» от буя (могут быть отображены на основном экране). Таким образом, при одновременном наступлении двух событий (нахождении агента «submarine» в зоне действия гидрофона и агента «plane» в зоне радиогоризонта) на борту самолета появляется информация о контакте с подводным объектом в районе нахождения данного буя и самолет для определения направления движения объекта, пересекшего линейный барьер, и самолет переходит к постановке кругового барьера с центром в точке нахождения сработавшего буя (рисунок 6а) [5].

```

if (gidroArea.contains(main.submarine.x, main.submarine.y) {
    oval.setFillColor(green); //изменение цвета буя
    //перерасчёт возможного нахождения лодки:
    main.submarine.xCW=x0;
    main.submarine.yCW=y0;
    main.submarine.calculationWayRadius=0;
    main.submarine.vCWR=1;
    //для неотображения при раннем обнаружении:
    myBorderDetected=true;
    gidroArea.setFillColor(new Color(255, 69, 0, 98)); //изменение цвета
    radioArea.setLineWidth(2); //увеличение ширины линии границы
    detectionSubmarine=true; // лодка в зоне ГА контакта
    for (int i=0;i<main.buys.size();i++) { //вся популяция буёв
        if (main.buys.get(i).borderNumber==borderNumber) //определения рубежа, в котором находится этот буй
            main.buys.get(i).myBorderDetected=true;
        if (i!=getIndex()) { //все буи, кроме данного
            main.buys.get(i).radioArea.setVisible(false); //видимость
            main.buys.get(i).gidroArea.setVisible(false); //видимость
        }
    }
    //фиксирование номера буя-определителя:
    if (main.plane.collectionBuysBordersNumber.size()==0) // для 1 рубежа
        main.plane.collectionBuysBordersNumber.add(getIndex()); //номер буя-определителя 0 рубежа
    else
        if (main.plane.collectionBuysBordersNumber.size()==1) //для 2 рубежа
            main.plane.collectionBuysBordersNumber.add(getIndex()); //номер буя-определителя 1 рубежа
        else { //для полукольцевых рубежей
            main.plane.collectionBuysBordersNumber.add(getIndex()); //номер буя-определителя кольцевого рубежа
        }
    for (int i=0;i<main.buys.size();i++)
        main.buys.get(i).eventDetectionSbmrn.reset(); //остановка этого события
}
}

```

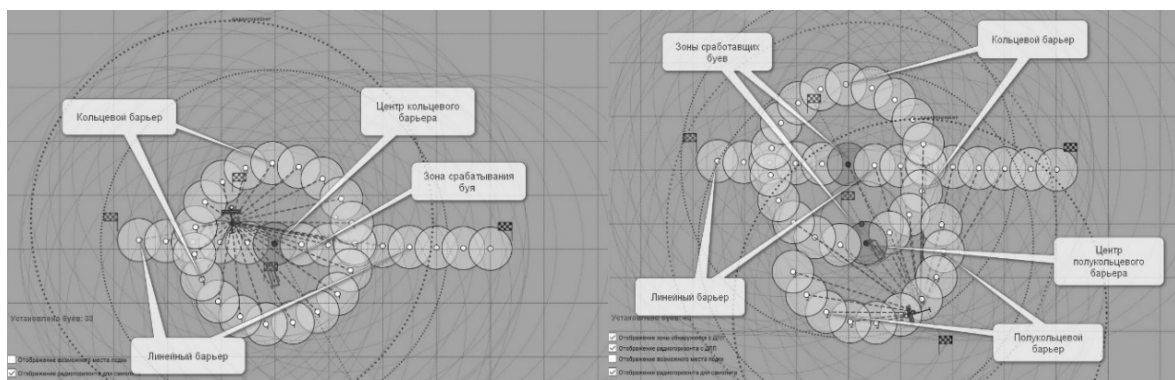
Рис. 5 – Программный код события eventDetectionSbmrn

Так как в модели рассматривается процесс поиска и слежения за подводным объектом после срабатывания одного из буев кольцевого барьера становится известным (с определенной вероятностью ошибки) направление движения и скорость объекта поиска, то для его уточнения и подтверждения самолет начинает ставить полукольцевой барьер с центром в месте срабатывания последнего буя кольцевого барьера (рисунок бб).

После срабатывания буя на полукольцевом барьере на самолете будет информация о трех последовательных точках засечки перемещения объекта. В целях рационального расхода ограниченного ресурса размещаемых на самолете радиогидроакустических буев для дальнейшего слежения за подводным объектом самолет будет последовательно применять барьеры типа «шеvron» с применением 3-5 буев (рисунок бв).

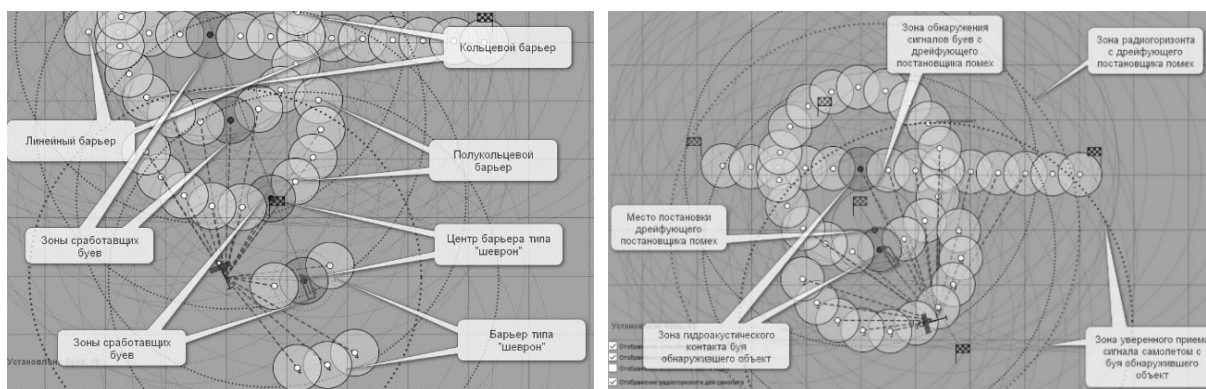
Для исключения потери контакта с объектом слежения по причине возможного изменения курса при применении барьера типа «шеvron» в модели производится проверка на подтверждение расчетного места нахождения объекта поиска и в случае отсутствия контакта буев барьера типа «шеvron» с объектом к ожидаемому (расчетному) времени окончания последнего самолет вновь переходит к постановке полукольцевого барьера с центром в точке нахождения буя с последним контактом, а затем далее вновь переход к барьеру типа «шеvron» [5].

В модели предусмотрена неоднократная постановка с борта подводного объекта дрейфующего постановщика помех (агента коллекции «buyEWs») нажатием соответствующей кнопки «буй РЭБ» в верхней части основного экрана модели. При этом в текущей точке нахождения через определенное время задержки (время постановки, всплытия и приведения в рабочее его состояние) формируется отметка о его положении и дополнительно рассчитываются (могут быть отображены на основном экране) зоны радиоразведки сигналов радиогидроакустических буев (функции «functionBuySelected()») и зоны радиодоступа самолета с этого постановщика помех «functionBuyReciewed()», что представлено на рисунке бг.



а) кольцевой барьер

б) полукольцевой барьер



в) барьер типа «шеврон»

г) применение постановщика помех

Рис. 6 – Типы реализованных в модели барьеров поиска

В случае одновременного выполнения логических условий указанных функций (нахождения самолета в зоне радиогоризонта постановщика помех и буя в зоне радиоразведки) осуществляется подавление радиосигнала от разведанных буев барьера, что ведет к срыву приема информации о срабатывании радиоакустических буев барьера на подводный объект и возможного в дальнейшем контакта с объектом слежения.

В представленной модели реализована возможность многократной смены курса подводного объекта на заданный угол от текущего курса. Для чего необходимо остановить модель кнопкой «Остановить/продолжить», ввести заданный угол поворота (положительное значение для поворота вправо и отрицательное для поворота влево) и вновь запустить модель (нажать «Продолжить/остановить»). Результат моделирования при многократной постановки дрейфующих постановщиков помех с одновременным изменением курса подводного объекта наглядно продемонстрировано на рисунке 7.

Выводы

Представленная модель продемонстрировала возможность моделирования сложного процесса поиска и слежения за подводными объектами самолетами противолодочной авиации в динамике их взаимного перемещения с применением методов имитационного моделирования в современной среде моделирования AnyLogic

Модель, в отличие от известных аналитических моделей оценки эффективности поисковых действий для отдельных типов барьеров [6-7], позволяет в результате проведения компьютерного эксперимента определить по совокупности поисковых действий на всех типах барьеров одновременно в динамике взаимного перемещения объектов рациональные временные моменты применения маневра при отрыве от

слежения, как без применения постановщиков помех, так и при их многократном применении.

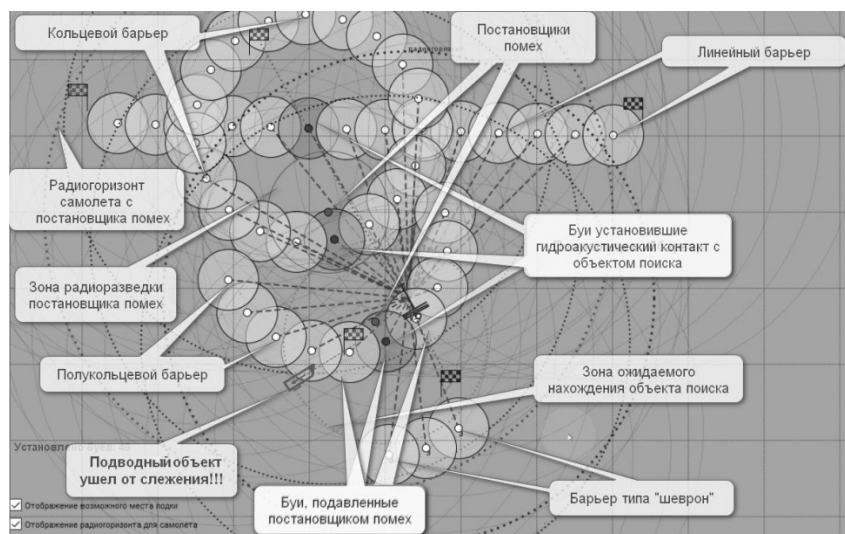


Рис. 7 – Результаты моделирования при многократном маневрировании подводного объекта в сочетании с применением постановщиков помех

В результате обработки статистических данных компьютерных экспериментов модель позволяет оценить эффект от противодействия средствами радиоэлектронной борьбы радиоканалу передачи радиосигналов (ретрансляции гидроакустических сигналов) радиогидроакустическими буями на поисковый противолодочный самолет противника методами имитационного моделирования через вероятность срыва процесса слежения за подводным объектом.

Литература

1. **Береговой А.** «Многофункциональные информационные системы самолетов базовой патрульной авиации ВМС зарубежных стран». Зарубежное военное обозрение, 2003 №10, 2003, С. 57-63.
2. **J.F. Chamberland and V.V. Veeravalli**, «Wireless sensors in distributed detection applications» IEEE Signal Processing Magazine, vol. 24, no. 3, pp. 16-25, 2007.
3. **W. Xinwei, W. Jianguo, M. Jinzhu** «Study on the submarine tracking method of anti-submarine patrol aircraft using passive omnidirectional sonobuoys» - IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering No 231 (2017), Dalian Navy Academy, China.
4. **В. Мосалев** «Радиоэлектронное оборудование самолетов БПА». Зарубежное военное обозрение, №10, 2021, С.73-78.
5. Радиогидроакустические системы противолодочной авиации: [монография] / А.Н. Бородавкин, А.П. Богомоллов, И.Н. Дурнев, И.В. Титков; ВУНЦ ВМФ «ВМА им. Н.Г. Кузнецова». Санкт-Петербург: 24 линия, 2022. 287 с.ил., цв. ил.
6. **Волгин Н.С.** «Исследование операций» ч.2. Санкт-Петербург: ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 1999. – 334 с.ил.
7. **Захаров В.Л., Ильин В.А.** Тренажеры Военно-Морского Флота: создание и использование. Монография, СПб, Тверь, 2019, 248с; ил. ISBN: 978-5-9903399-9-6.