



УДК 621.396.96

В. И. Веремьев, Нгуен Чонг Хань  
Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

## Прибрежная навигационная система с обменом информацией по радиолокационному каналу

*Рассматриваются основные принципы построения и организации интегрированной прибрежной навигационной системы, предназначенной для освещения надводной обстановки в акваториях с интенсивным движением малых судов. Предложена структура построения такой системы, предполагающей использование сложных радиолокационных сигналов, в модуляции которых присутствует комплексная навигационная информация о контролируемой акватории. Обмен информации осуществляется по радиолокационному каналу связи.*

### Радиолокация, морская навигация, сложный сигнал, передача информации

Обеспечение безопасного судоходства в прибрежных акваториях с большой концентрацией плавательных средств предполагает наличие адекватных информационных средств освещения надводного состояния в районах прохождения судов, контроля их взаимного перемещения и предоставления навигационной информации отдельным судам.

В некоторых акваториях, например вдоль восточного побережья Вьетнама, очень велико количество малых, в первую очередь рыболовецких судов, на которые не распространяются требования морского регистра по обязательному наличию на борту навигационной радиолокационной станции (РЛС). В то же время, многим судовладельцам устанавливать навигационные РЛС на свои суда не позволяют экономические трудности. Все это в целом приводит к высокому уровню аварийности.

В статье предложен подход к решению указанной проблемы, базирующийся на создании интегрированной прибрежной навигационной системы с обменом информацией по радиолокационному каналу. Основная идея, на которой базируется построение такой системы, состоит в том, что с помощью сети специализированных береговых РЛС формируется некоторое единое пространство информации о морской обстановке в прибрежной зоне, к которому посредством

установленных каналов связи могут быть подключены все суда, находящиеся в зоне освещения надводной обстановки. При этом суда пассивно потребляют навигационную информацию, а для ее получения достаточно иметь недорогое приемное устройство, совмещенное с индикатором, на котором отображается подробная навигационная информация в зоне плавания.

Возможен и дополнительный обмен радиолокационной информацией между судами, оснащенными навигационными РЛС, в которых модуляция и кодирование сигналов осуществляется по единому с базовыми РЛС протоколу.

Далее рассмотрена радиолокационная система, состоящая из пространственно-разнесенной сети РЛС сантиметрового диапазона, расположенных вдоль береговой черты контролируемой акватории.

Для получения интегрированного представления об объектах контроля необходимо создание технологии взаимного обмена информацией между отдельными радиолокационными датчиками между собой и центром сбора, обработки информации и управления (ЦСОИиУ). В качестве информационного канала предлагается использовать радиолокационные каналы.

Принцип работы совмещенного канала радиолокации и цифровой связи заключается в следующем. В системе передачи данных по радиоло-

радиолокационному каналу на передающем конце зондирующий сигнал дополнительно модулируют информационным кодом, незначительно влияющим на характеристики обнаружения и точность измерения, которые должна обеспечивать каждая РЛС. На приемном конце принимаемый сигнал демодулируют и декодируют, получая необходимую информацию с заданной достоверностью, используя алгоритм различения сигналов с разными законами модуляции.

Сигналы с радиолокационными данными можно принимать на боковые лепестки диаграммы направленности штатной антенны РЛС или на дополнительную антенну. Вариант с дополнительной антенной предпочтительнее, поскольку при приеме на штатную антенну сигнал может пропадать, попадая на нули диаграммы направленности приемной антенны.

При организации информационного обмена следует руководствоваться следующим основным требованием: передача информационного потока необходимой емкости должна осуществляться без снижения радиолокационных характеристик штатного функционирования РЛС, входящих в подсистему мониторинга.

Передаваемый по каналу связи пакет данных предполагает наличие сведений о следующих сечениях блоков радиолокационной информации:

- навигационная информация;
- информация, регламентируемая автоматизированной информационной системой (АИС).

Дополнительно может передаваться гидрологическая информация, в частности о волнении морской поверхности, поверхностных течениях.

На приемных позициях полученная от отдельных РЛС информация синтезируется в единую интегрированную картину с последующей ее визуализацией в виде, наиболее предпочтительном для получения той или иной потребительской информации о состоянии акватории.

Организация взаимного обмена радиолокационной информацией по радиолокационному каналу обладает следующими преимуществами в сравнении с радиообменом, использующим традиционную связную аппаратуру:

- возможность построения интегрированной радиолокационной картины, охватывающей большие участки контроля, значительно превышающие зону ответственности отдельных РЛС, без специальных линий радиосвязи;
- уменьшение уровня загрязненности эфира за счет отказа от связных радиопередатчиков;

- возможность использования предлагаемых технологий в зонах интенсивного судоходства для повышения эффективности решения задач службы управления движением судами (СУДС);

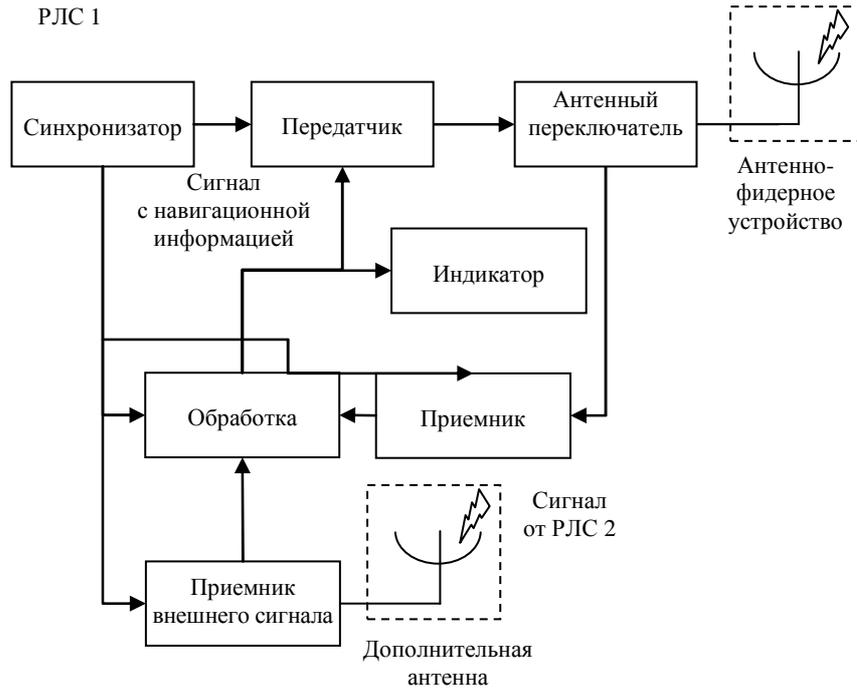
- возможность предоставления интегрированной радиолокационной информации малым судам, не имеющим радиолокационных навигационных средств, а оснащенным только радиоприемными устройствами, совмещенными со средствами визуализации.

Современная электронная база позволяет синтезировать и использовать при решении рассматриваемых задач широкополосные радиосигналы, позволяющие реализовать передачу данных по радиолокационному каналу с высокой пропускной информационной способностью и имеющие в то же время хорошие радиолокационные характеристики (высокое разрешение, низкий уровень пиковой мощности излучения, помехоустойчивость и др.).

При синтезе подобных сигналов представляет интерес подход, при котором осуществляется гибрид известных в настоящее время структур сигнальных пространств, используемых в когерентных РЛС со сложным сигналом и широкополосных системах связи.

При синтезе радиолокационных сигналов, выполняющих одновременно функции передачи радиолокационной информации, в качестве основы предлагается использовать сложные фазово-амплитудно-модулированные (ФМ-АМ) сигналы с пачечной структурой, отдельные пачки которых подвергаются дополнительной модуляции информационным сигналом со структурой, подобной применяемой в цифровом телевидении. При разработке структур синтезированных сигналов следует руководствоваться следующими критериями: хорошие корреляционные свойства, низкий уровень боковых лепестков, помехоустойчивость, высокая информационная плотность и другими, отвечающими одновременно за эффективность радиолокационных свойств системы и за качество информационных каналов внутри системы.

Применение сложного сигнала позволяет построить РЛС с малой пиковой мощностью излучения по сравнению с импульсной станцией того же энергopotенциала. Как следствие, это приводит к технологическим преимуществам: появляется возможность использовать полупроводниковые усилители мощности с высоким коэффициентом полезного действия (КПД), большим сроком служ-



бы и низкими напряжениями питания. Сравнительно просто получить когерентный прием и обработку сигнала большой длительности, так как нет необходимости в качестве формирователей сигнала большой мощности использовать автогенераторные приборы (например, магнетроны).

При когерентном режиме работы возможно измерение радиальной составляющей скорости по одному зондированию и выделение подвижных целей на фоне неподвижных. Независимость энергопотенциала станции со сжатием импульса от длительности импульса позволяет иметь одно и то же разрешение по дальности на любых шкалах дальности.

При модуляции сигнала с несущей частотой  $w_0$  предполагается применить 4-уровневую фазовую модуляцию  $\theta_n = 0; 90; 180; 270^\circ$  и частотную модуляцию  $w_n = 0; 1$  на 16 частот с равномерным шагом.

Общее описание этих сигналов может быть дано в виде

$$\psi(t) = \begin{cases} \sum_{n=1}^N a_n P_n(t) \exp[j\{(w_0 + w_n)t + \theta_n\}], & 0 \leq t \leq N\Delta, \\ 0 & \text{при других } t, \end{cases}$$

где  $n = 1, 2, \dots, N$  и  $P_n(t)$  – импульс единичной амплитуды фиксированной длительности  $\Delta$ , так что

$$P_n(t) = \begin{cases} P_n(t - [n-1]\Delta) = 1, & (n-1)\Delta \leq t \leq n\Delta, \\ 0 & \text{при других } t. \end{cases}$$

На рисунке представлена возможная структура базовой навигационной РЛС.

Обмен радиолокационной информацией вначале осуществляется между базовыми РЛС, стоящими на берегу. В результате комплексирования информации строится интегральное радиолокационное изображение контролируемой акватории, которая далее передается потребителю (отдельным судам) и в ЦСОИиУ. В приемном пункте, находящемся на судне, происходит демодуляция и декодирование сигналов, принятых по главному лепестку диаграмм направленности антенны базовых РЛС, и визуализация навигационной обстановки на компактном устройстве отображения.

В статье были рассмотрены основные принципы построения и организации интегрированной прибрежной навигационной системы, предназначенной для освещения надводной обстановки в акваториях с интенсивным движением малых судов. Предложена структура построения такой системы, предполагающей использование сложных радиолокационных сигналов, в модуляции которых присутствует комплексная навигационная информация о контролируемой акватории, а обмен информацией осуществляется по радиолокационному каналу связи.

---

V. I. Veremjev, Nguyen Trong Khanh  
*Saint-Petersburg electrotechnical university «LETI»*

## COASTAL NAVIGATION SYSTEM WITH DATA TRANSFER WITH RADAR SIGNAL

*The paper deals with concepts of development and management of complex coastal navigation system for waters with heavy traffic of small vessels. The structure of constructing such a system is proposed. It supposes using complex radar signal with structure included navigation information for observed waters. Data transfer is performed via radar beam.*

**Radar, marine navigation, complex signal, data transfer**

---