

УДК 621.396.967.15

Н.Н. Петрушенко

Главная инспекция Министерства обороны Украины, Киев

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ ТРОПОСФЕРНЫХ РАДИОВОЛНОВОДОВ В АКВАТОРИИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Приведены результаты экспериментальных исследований метеопараметров тропосферных радиоволноводов над морем. Экспериментальные исследования проводились в акватории Черного моря в условиях существования радиоволноводов, а именно, обобщены данные, полученные на метеорологических станциях Чёрноморского бассейна, а также данные о направлении и скорости ветра, полученные со спутника серии NOAA.

**Ключевые слова:** радиоволновод; метеопараметры, воздушные цели, метеорологические станции.

### Введение

**Постановка проблемы.** Одной из задач стоящих перед радиотехническими системами обнаружения маловысотных целей, является увеличение дальности их прямой видимости. Особенно остро эта задача стоит перед радиотехническими системами приморского базирования. Это обусловлено тем, что при ограниченных высотах подъема антенных систем и малых высотах полета воздушных целей, обеспечить дальности, необходимые для принятия решений о противодействии средствам воздушного нападения затруднительно. Вместе с тем, как следует из [1, 2] увеличение дальности обнаружения надводных целей можно обеспечить в условиях существования радиоволноводов над морем. Вместе с тем изучению параметров таких радиоволноводов в настоящее время уделено недостаточное внимания. В связи с этим в данной работе приведены результаты экспериментальных исследований метеопараметров в акватории Черного моря в условиях существования радиоволноводов.

**Цель статьи:** привести результаты экспериментальных исследований метеопараметров тропосферных радиоволноводов в акватории Чёрного моря.

### Основная часть

Экспериментальные данные о метеопараметрах в прибрежных районах и над Чёрным морем в известной литературе [3 – 6] в основном посвящены изучению приповерхностного радиоволновода. Выявлено [4, 6, 7], что в зависимости от погодных условий и от времени года верхняя граница приповерхностного радиоволновода простирается от единиц метров до десятков метров.

Летом верхняя граница радиоволновода обычно сосредоточена в диапазоне высот от 10 до 60 метров. В зимнее время она может достигать высоты до 10 метров [5]. Однако, данные о радиоволноводах, опубликованные в [3 – 6] получены в основном в летнее время и не привязаны по пространству. Кро-

ме этого, не проводилось глобального изучения действия ветров в районе Чёрного моря.

В связи с этим, в данной статье были обобщены данные, полученные на метеорологических станциях Чёрноморского бассейна (Керчь, Феодосия, Севастополь, Евпатория), а также данные о направлении и скорости ветра, полученные со спутника серии NOAA. Остановимся на более характерных данных, полученных при проведении исследований. В процессе работы обобщались данные о скорости ветра над Чёрным морем. Обобщение проводилось ежемесячно, из рассмотрения исключались аномальные дни (бури, штормы). Для примера, на рис. 1 приведена карта Черноморского бассейна, на которой продемонстрированы изолинии фронтов ветра зафиксированные 5 июля 2013 года.

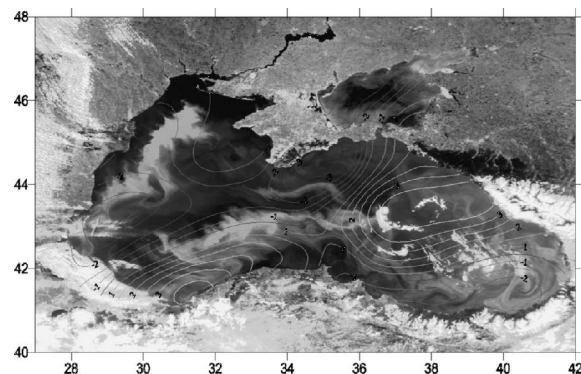


Рис. 1. Карта Черноморского бассейна с изолиниями ветра

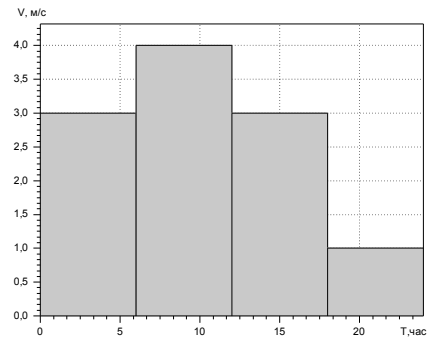
Технические возможности аппаратуры позволяли получить информацию о состоянии фронтов ветра в акватории Черного моря с темпом пятнадцать минут. Полученные данные позволяли проанализировать метеообстановку в акватории Чёрного и Азовского морей и выявить наиболее характерные ее особенности. В частности для примера, как следует из данных на рис. 1, устойчивая картинка фронтов ветра наблюдалась с 12 до 18 часов 5 июля 2013 года. Сила ветра над Чёрным морем не превышала 1-3 м/с. Ус-

тойчивый фронт наблюдался в западной части Чёрного моря. От северо-западной до юго-восточной части Чёрного моря проходил фронт штиля. Южнее этого фронта наблюдалось изменение направления ветра на противоположное. Пространственный масштаб области фронта ветра составлял от единиц сотен километров до полутора тысяч километров. Анализ полученных данных свидетельствовал о том, что над Чёрным морем существовали зоны устойчивых ветров. Сопоставление полученных данных с результатами наблюдений на радиотехнических системах, дислоцированных на Крымском полуострове, позволило установить закономерности, связывающие возникновение тропосферных радиоволноводов с метеопараметрами в акватории Черного моря. Наличие тропосферных радиоволноводов фиксировалось по факту обнаружения отражений от противоположного месту дислокации РЛС берега Черного моря. Поскольку в известной литературе [4, 5] была установлена закономерность возникновения тропосферных радиоволноводов, связанная со скоростью ветра при проведении экспериментальных исследований было уделено внимание изучению диапазона возможных значений скорости и направления воздушных масс в прибрежных районах Крыма. С этой целью проводились измерения указанных параметров в районах городов Евпатория, Севастополь, Феодосия, Керчь. Наиболее изменчивые значения направления перемещения воздушных масс были зафиксированы в районе г. Севастополь. Диапазон изменения скорости ветра составлял от полного штиля (0 м/с) до 5 м/с. Если весной и летом усиление ветра (до 3-4 м/с) было зафиксировано в утренние часы (с 6 до 12 часов), то в осенние месяцы усиление ветра (до 4-5 м/с) наблюдалось в интервале 12-18 часов. В зимние месяцы ветровая нагрузка (4-5 м/с) достигала своего максимума вечером (ноябрь), а иногда (декабрь) и в ночное (19-24 часа) время. В некоторых случаях (особенно осенью и зимой) наблюдалось увеличение скорости ветра до 10 м/с. Для примера, на рис 2 приведены наиболее характерные гистограммы скорости ветра за период с мая (рис. 2, а) по ноябрь (рис. 2, г) 2013 года, которые иллюстрируют сезонное изменение скорости ветра.

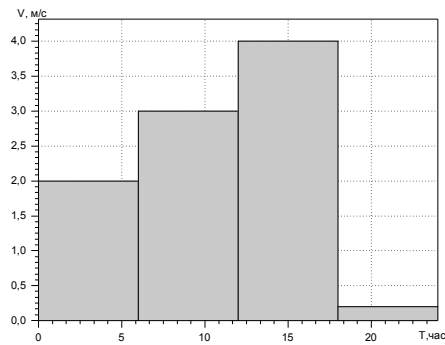
Характерные изменения в направлении ветра в районе Севастополя проиллюстрированы на рис. 3, где приведены данные усреднений за период с мая (рис. 3, а) по ноябрь (рис. 3, г) 2013 года.

### Выводы

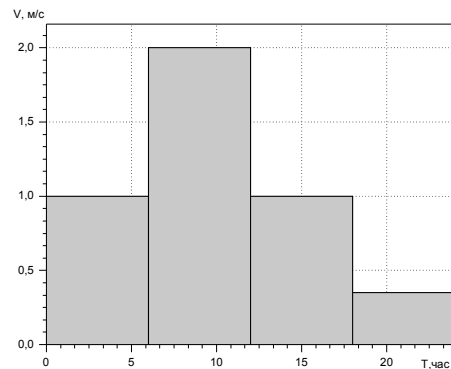
Анализируя полученные данные видно, что в утренние часы обычно дует с берега на море, а в вечернее с моря на берег. Возможно изменение скорости ветра составляет от нуля (0 м/с, полный штиль) до 10 м/с (устойчивый бриз). При экспериментальных исследованиях определена зависимость параметров тропосферных радиоволноводов от скорости ветра.



а



б



в

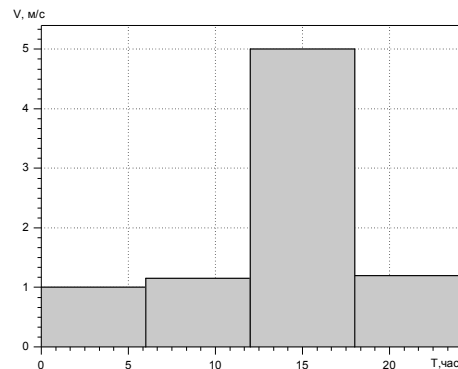
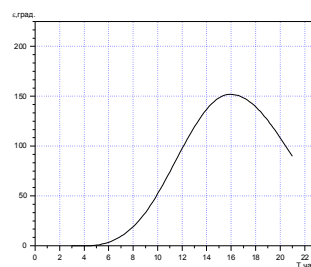
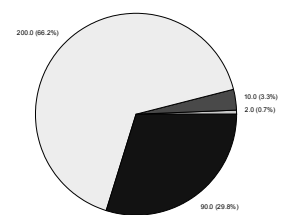


Рис. 2. Гистограммы скорости ветра в 2013 году: а – май, б – август, в – октябрь, г – ноябрь



а1



а2

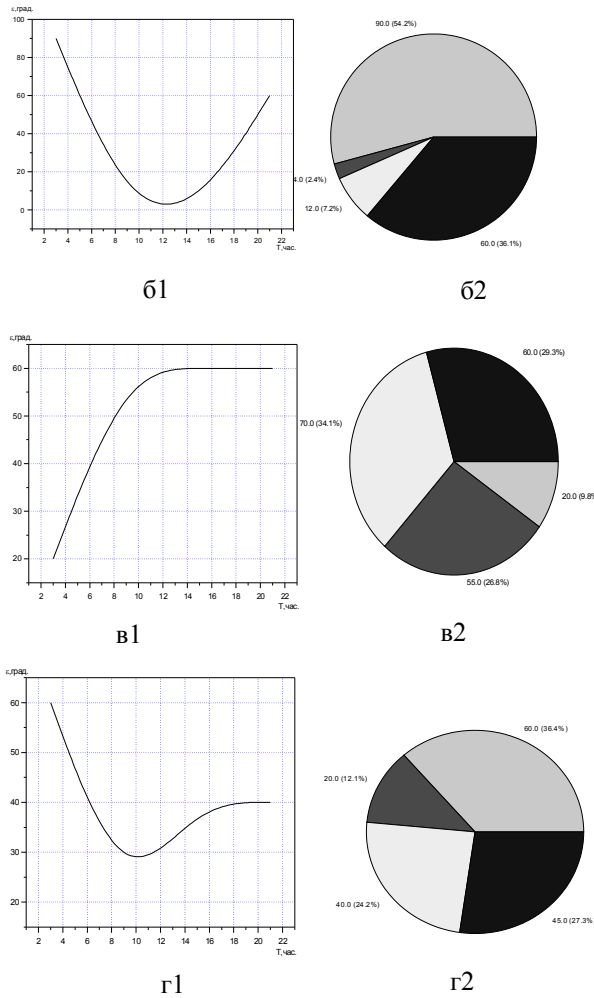


Рис. 9. Усредненные данные направления ветра в 2013 году:

1 – в течении суток; 2 – в течении месяца;  
а – май, б – август, в – октябрь, г – ноябрь

Установлено, что с увеличением скорости ветра возрастает морское волнение и перемешивание атмосферы, что не благоприятствует образованию волноводных каналов. Однако, как отмечено в [4, 5], ветер увеличивает скорость испарения, что является благо-

приятным для образования волновода. В результате обобщения метеорологических данных установлено, что в случае, если над морем распространяется сухая и малоувлажнённая воздушная масса, то возможно сверхдальнее распространение радиоволн. В период июнь-сентябрь в случае распространения таких воздушных масс распространение радиоволн в тропосферных радиоволноводах фиксировалось непрерывно по 10-30 часов, а иногда 10-15 суток с перерывом 3-6 часов в ночные и утренние часы.

### Список литературы

1. Кукушкин А.В. Загоризонтное распространение ультракоротких радиоволн над морем / А.В. Кукушкин, В.Д. Фрейлихер, И.М. Фукс // Известия вузов. Радиофизика, 1987. – Т. XXX, № 7. – С. 811 – 839.
2. Лобкова Л.М. Распространение радиоволн над морской поверхностью / Л.М. Лобкова. – М.: Радио и связь, 1991. – 255 с.
3. Экспериментальное исследование флуктуаций сигнала на морской трассе / О.М. Лобкова, А.И. Надобенко и др. // Приборостроение. – 1981. – Вып. 31. – С. 31 – 37.
4. Розробка регіональної системи радіолокаційного спостереження маловисотних, малорозмірних та високошвидкісних цілей на основі комплексування засобів радіотехнічних військ протиповітряної оборони, дальнього виявлення та сторонніх джерел випромінювання: Звіт про НДР (проміжний). Шифр "Поле-98", ХУ ПС. – Харків, 2005. – 305 с.
5. Гоноровский В.М. Распространение волн в турбулентной атмосфере / В.М. Гоноровский. – М.: Наука, 1978. – 272 с.
6. Иванов В.К. Распространение УК радиоволн над морем: Дис. ... д-ра. физ. мат. наук: 01.04.03. – Харьков: ИРЭ АН Украины, 1994. – 201 с.
7. Исследование распространения радиоволн на морских трассах в диапазоне сантиметровых, дециметровых и метровых волн. Отчёт о НИР ИРЭ АН Украины; ГР № 81076089. – Харьков, 1985. – 135 с.

Поступила в редколлегию 20.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТЕОПАРАМЕТРІВ ТРОПОСФЕРНИХ РАДІОХВИЛЕВОДІВ В АКВАТОРІЇ ЧОРНОГО МОРЯ

М.М. Петрушенко

У статті наведені результати експериментальних досліджень параметрів тропосферних радіохвилеводів над морем. Експериментальні дослідження проводилися в акваторії Чорного моря в умовах існування радіохвилеводів, а саме узагальнені дані, отримані на метеорологічних станціях Чорноморського басейну (Керч, Феодосія, Севастополь, Євпаторія), а також дані про напрямок і швидкість вітру, отримані із супутника серії NOAA у Севастопольському гідрометеорологічному інституті.

**Ключові слова:** радіохвилевід; метеопараметри, повітряні цілі, метеорологічні станції.

### EXPERIMENTAL RESEARCH OF METEOROLOGICAL PARAMETERS OF TROPOSPHERE RADIOWAVEGUIDES IS IN THE AQUATORIUM OF THE BLACK SEA

N.N. Petrusenko

In article results of experimental researches of parameters of tropospheric radiowave guides above the sea are resulted. Experimental researches were spent in water area of Black sea in conditions of existence of radiowave guides, namely the data received at meteorological stations of the Black Sea pool (Kerch, Feodosiya, Sevastopol, Evpatoria), and also the data on a direction and the speeds of a wind received from the satellite of series NOAA in the Sevastopol hydrometeorological institute are generalized.

**Keywords:** radiowaveguide; meteorological parameters, air aims, meteorological stations.