

УДК 006:627.7:528.088

## **Международные стандарты оценки точности навигационной информации**

**И.С. Гарматенко\***

*Военно-морская академия им. адмирала Флота  
Советского Союза Н.Г. Кузнецова  
Россия 197045, Санкт-Петербург, Ушаковская набережная, 17/1*

Received 30.05.2013, received in revised form 16.10.2013, accepted 08.12.2013

---

*В данной статье описаны международные стандарты оценки точности навигационной информации, принятые в стандарт «Методы выражения точности в навигации».*

*Ключевые слова: навигационная информация, стандарт STANAC 4278.*

---

Основопологающим документом в стандартизации погрешностей навигационной информации, ратифицированным всеми государствами, входящими в состав НАТО, и используемым для оценки точности навигационной информации, является STANAC 4278 в его 3-й редакции, принятый 3 июня 1995 года [1].

При рассмотрении данного документа видны различия в стандартах оценки точности навигационной информации НАТО и оценки точности навигационной информации, используемых в ВМФ РФ.

Погрешности измеряемых навигационных величин можно разделить на три группы: грубые (промахи), систематические и случайные. Грубые ошибки являются следствием искажения масштабов, перестановки цифр, ошибочных расчетов или неосторожности наблюдателей. Систематические погрешности характеризуются постоянством своего значения в течение рассматриваемого интервала времени. Случайные погрешности остаются после удаления грубых и систематических погрешностей и рассматриваются в стандарте STANAC 4278 как основной источник погрешностей.

Стандарт НАТО исходит из того, что систематические погрешности скомпенсированы, а случайные погрешности измерения навигационных величин подчиняются нормальному закону распределения. Наличие систематического смещения в том или ином навигационном параметре должно оговариваться с указанием его величины и знака [2].

При описании временной зависимости погрешностей в стандарте STANAC 4278 предлагается использовать величины, характеризующие скорость их нарастания, а для оценки точности величин, зависящих от пройденного кораблем расстояния, предусматривается использование погрешностей, выраженных в процентах к пройденному расстоянию.

Для оценки интервала погрешностей в стандарте STANAC 4278 используется  $P=0,95$  (95%-ная вероятность), вместе с тем для характеристики интервалов погрешностей могут применяться и другие вероятности – 50, 63,2, 90, 95 и 99 %.

В оценке погрешности одномерных (линейных) навигационных величин используются:

- линейная вероятная погрешность LEP (LINEAR ERROR PROBABLE) ограничивает интервал, за пределы которой действительная погрешность не выходит с вероятностью 50 %;
- MAS (MAP ACCURACY STANDARD) ограничивает интервал, за пределы которого действительная погрешность не выходит с вероятностью 90 %;
- линейная средняя квадратическая погрешность RMS (ROOT MEAN SQUARE) ограничивает интервал, за пределы которого действительная погрешность не выходит с вероятностью 68 %. 2RMS и 3RMS соответствуют интервалу, за пределы которого действительная погрешность не выходит с вероятностью 95,4 и 99,7 %.

Для перехода между значениями вышеперечисленных вероятностей используются коэффициенты, приведенные в табл. 1.

В оценке точности двумерных навигационных величин применяются следующие характеристики:

- радиальная средняя квадратическая погрешность DRMS (DISTANCE ROOT MEAN SQUARED) – круг, за пределы которого действительная погрешность не выходит с вероятностью 68,3 % при  $C=0$  и 63,2 % при  $C=1$ , где  $C = \sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ ;
- $\sigma_{\min}$ ,  $\sigma_{\max}$  – полуоси эллипса погрешностей, равные средним квадратическим погрешностям места по направлениям ориентации осей эллипса погрешностей;

$$DRMS = \sqrt{\sigma_{\min}^2 + \sigma_{\max}^2} = \sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2}, \quad (1)$$

где  $\sigma_X$ ,  $\sigma_Y$  – дисперсия погрешностей по осям прямоугольной системы координат;

- предельная радиальная погрешность 2DRMS (2 DISTANCE ROOT MEAN SQUARED) – круг, за пределы которого действительная погрешность не выходит с вероятностью 95,4 % при  $C=0$  и 98,2 % при  $C=1$ ;

Таблица 1. Коэффициенты перехода между линейными показателями точности стандарта STANAC 4278

К От	50 % (LEP)	90 % (MAS)	95 % (HATO)	RMS	2RMS	3RMS
50 % (LEP)	1	2,4387	2,9059	1,4826	2,9652	4,4478
90 % (MAS)	0,4100	1	1,1910	0,6079	1,2158	1,8237
95 % (HATO)	0,3441	0,8396	1	0,5102	1,0204	1,5306
DRMS	0,6745	1,6450	1,9600	1	2	3
2DRMS	0,3372	0,8225	0,9800	0,5000	1	1,5
3DRMS	0,2248	0,5483	0,0653	0,3333	0,6667	1

$$2DRMS = 2\sqrt{\sigma_{\min}^2 + \sigma_{\max}^2} = 2\sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2}; \quad (2)$$

- предельная радиальная погрешность 3DRMS (3DISTANCE ROOT MEAN SQUARED) – круг, за пределы которого действительная погрешность не выходит с вероятностью 99,7 % при  $C=0$  и 1,0 при  $C=1$ ;

$$3DRMS = 3\sqrt{\sigma_{\min}^2 + \sigma_{\max}^2} = 3\sqrt{\sigma_X^2 + \sigma_Y^2}; \quad (3)$$

- круговая вероятная погрешность CEP (CIRCLE ERROR PROBABLE) – круг, за пределы которого действительная погрешность не выходит с вероятностью 50 %;

$$CEP \longrightarrow R_{50} = 0,6142\sigma_{\min} + 0,5632\sigma_{\max}; \quad (4)$$

- круговая вероятная погрешность R95 (CIRCLE PROBABLE) – круг, за пределы которого действительная погрешность не выходит с вероятностью 95 %;

$$R_{95} = (1,960790C + 0,004071C + 0,114276C^2 + 0,371625C^3)\sigma_{\max}. \quad (5)$$

Использование приближенных формул для вычисления радиуса окружности оцениваемого места с заданной вероятностью возможно использовать при соотношении  $(\sigma_{\min}/\sigma_{\max})$  полуосей эллипса более чем 0,25.

Для перехода между значениями вышеперечисленных вероятностей с учетом соотношения полуосей эллипса погрешностей  $C$  используются соответствующие коэффициенты.

В основе способа расчета двумерных погрешностей, принятого в стандарте STANAC 4278, заложен частный случай эллиптического распределения, в котором для оценки точности места корабля используется радиальная средняя квадратическая погрешность. При этом способы расчета значений полуосей эллипса погрешностей и перевод дисперсии погрешностей в ориентацию прямоугольной системы координат отдельно не рассматриваются. Использование в расчете двумерных погрешностей вместо эллиптического распределения радиального позволяет подстраховаться в оценке навигационной безопасности.

Переход от эллиптической к радиальной средней квадратической погрешности без существенного закругления точности возможен при соотношении значения малой и большой полуосей среднего квадратического эллипса погрешностей более чем в 0,35 раза [3, 4].

Принятые в качестве стандарта погрешностей, соответствующих единому 95%-ному уровню доверительной вероятности, способствует исключению неопределенности при толковании навигационных погрешностей. Кроме того, такой подход в полной мере соответствует стандарту точности и навигационной безопасности плавания, принятому странами, входящими в Международную морскую организацию по безопасности судоходства (ИМО) [2].

### Список литературы

- [1] STANAC 4278. «Method of expressing navigation accuracies» Edition 3, NATO unclassified North Atlantic treaty military agency for standardization. Bureau. 1995. 42.
- [2] Груздев Н.М. // Морской сборник. 1993. № 4. С. 47–49.
- [3] Груздев Н.М. Теория навигационных погрешностей. СПб.: СПб ВМИ, 2002. 325 с.
- [4] Абезгауз Г.Г. Справочник по вероятностным расчетам. М.: Воениздат, 1970. 536 с.

## **International Standards of the Assessment of Accuracy of Navigation Information**

**Igor S. Garmatenko**

*Naval Academy Admiral Fleet  
of the Soviet Union NG Kuznetsova  
17/1 Ushakovskaya embankment,  
St. Petersburg, 197045 Russia*

---

*This article describes the international standards for assessing the accuracy of navigation data taken in STANAC 4278 standard "methods of navigation accuracy".*

*Keywords: accuracy of navigation, STANAC 4278.*

---