

УДК 629.542

С.М. Кучерук

Киевская государственная академия водного транспорта, Киев

МЕТОДИКА ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЕТОДА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ СУДНА

В статье показаны особенности экспериментальных исследований возможности повышения безопасности движения судна. Определен состав базового экспериментального комплекса, а также особенности режимов функционирования этого комплекса. Проведена проверка работоспособности предложенного метода повышения безопасности движения судна за счет использования комплексной обработки навигационной информации, получаемой из разных источников. Данный метод может быть применен для повышения эффективности эксплуатации наземных средств получения навигационной информации от космических аппаратов.

Ключевые слова: методика, навигационная информация, безопасность движения судна.

Введение

Целью проводимых экспериментов являлось практическое подтверждение теоретических исследований, проведенных в работах [1–3]. Для достижения поставленной цели и проверки практических рекомендаций, были проведены экспериментальные исследования, состоящие из трех этапов. Прежде всего, на первом этапе, определялся состав базового экспериментального комплекса, а также особенности режимов функционирования этого комплекса. На втором этапе экспериментальных исследований проходила проверка работоспособности предложенных: метода и алгоритма оценки потерь, вносимых облачностью, осадками и туманом в процесс эксплуатации судов при грузовых перевозках; метода повышения безопасности движения судна за счет использования комплексной обработки навигационной информации, получаемой из разных источников. В программу завершающего этапа эксперимента, вошла оценка эффективности разработанной методики.

В связи с этим, программа эксперимента должна включать в себя следующие пункты: исследуемый объект, экспериментатор, условия эксперимента (конкретные условия времени и места, технические средства экспериментирования).

В свою очередь эксперимент классифицируется: по условиям проведения – естественная и искусственная; по целям исследования – преобразующие, контролирурующие, констатирующие и т.д.; по количеству факторов – однофакторные и многофакторные; по степени контролирующих факторов – активные и пассивные.

Изложение основного материала

Рассмотрим более подробно некоторые виды экспериментов. Эксперимент, проведенный в естественных условиях предполагает изучение объекта в реальных условиях.

Такой эксперимент часто используется в технических науках для испытания изготовленных объектов, в этом случае он называется натурным. Главная задача естественных экспериментов – обеспечить максимальную натуральность окружающей обстановки.

Структурная схема алгоритма комплексной обработки навигационных параметров приведена на рис. 1.

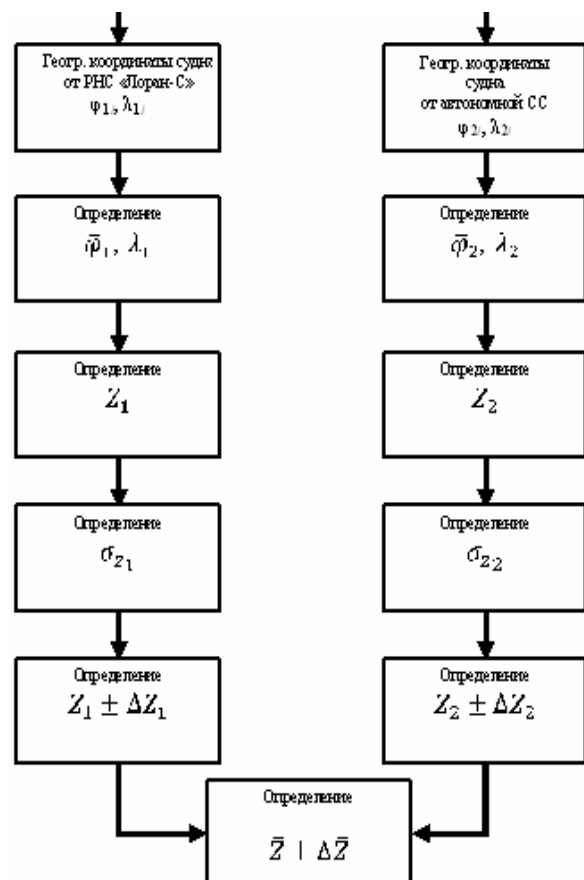


Рис. 1. Структурная схема алгоритма комплексной обработки навигационных параметров

Данная схема показывает наличие двух источников получения навигационных параметров в отсутствии навигационных данных от глобальных навигационных систем: от радионавигационных систем «Лоран-С» и от автономной судовой системы.

Поскольку результаты определения местоположения судна $Z_1 \pm \Delta Z_1$ и $Z_2 \pm \Delta Z_2$ являются неравноточными (так как определяются аппаратурой разного класса точности, разными методами и т.д.), то при их объединении за результат принимают «взвешенное» среднее:

$$\bar{Z} = \frac{z_1 W_1 + z_2 W_2}{W_1 + W_2};$$

$$\Delta \bar{Z} = \frac{1}{\sqrt{W_1 + W_2}};$$

где

$$W_1 = \frac{1}{(\Delta Z_1)^2}; W_2 = \frac{1}{(\Delta Z_2)^2}.$$

Исходные данные для комплексного определения местоположения судна приведены в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные данные определения местоположения судна

Точные координаты (в градусах)	Координаты, полученные от РНС «Лоран-С»		Координаты, полученные от судовой измерительной системы	
	φ_1	λ_1	φ_2	λ_2
$\varphi_0 = 41,482$ $\lambda_0 = 2,233$	41,482	2,231	41,479	2,231
	41,482	2,230	41,479	2,233
	41,479	2,231	41,481	2,231
	41,480	2,231	41,480	2,231
	41,480	2,229	41,479	2,233
	41,479	2,232	41,478	2,231
	41,480	2,230	41,478	2,232
	41,478	2,231	41,479	2,232
	41,479	2,233	41,478	2,233
	41,481	2,232	41,479	2,233
	$\bar{\varphi}_1 = 41,48$	$\bar{\lambda}_1 = 2,231$	$\bar{\varphi}_2 = 41,479$	$\bar{\lambda}_2 = 2,231$

Каждый из параметров измерялся 10 раз и за результат принимались средние значения географических координат (соответственно, широты и долготы).

Определение угловых расстояний между точным местоположением судна и местоположением судна, полученным с помощью радионавигационных станций «Лоран-С» (Z_1) и автономной судовой системой (Z_2) проводилось по следующим соотношениям.

Среднеквадратичное отклонение местоположения судна, полученное с помощью радионавигационных станций «Лоран-С» (Z_1) и местоположения судна, полученное с помощью автономной судовой системой (Z_2) определялось с помощью следующих соотношений

$$\sigma_{Z_1} = \sqrt{\left(\frac{\partial Z_1}{\partial \varphi_0} \sigma_{\varphi_0}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_1}{\partial \lambda_0} \sigma_{\lambda_0}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_1}{\partial \varphi_1} \sigma_{\varphi_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_1}{\partial \lambda_1} \sigma_{\lambda_1}\right)^2} \approx \sqrt{\left(\frac{\partial Z_1}{\partial \varphi_1} \sigma_{\varphi_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_1}{\partial \lambda_1} \sigma_{\lambda_1}\right)^2}.$$

В данном случае σ_{φ_1} , σ_{λ_1} – среднеквадратичское отклонение результатов измерений величин φ_1 и λ_1 (по результатам обработки 10 отдельных измерений этих величин).

Тогда для доверительного интервала получаем

$$\Delta Z_1 = \sigma_{Z_1} t_s(P, n),$$

где $t_s(P, n)$ – поправочный коэффициент Стьюдента, равный для нашего эксперимента 2,228 (табл. 2).

Таблица 2

Поправочный коэффициент Стьюдента

П	$t_s(P=0,9)$	$t_s(P=0,95)$	$t_s(P=0,99)$
10	1,890	2,28	3,169
20	1,721	2,086	2,845
30	1,697	2,042	2,750
40	1,684	2,021	2,704
50	1,671	2,000	2,660

Аналогично для

$$\sigma_{Z_2} \approx \sqrt{\left(\frac{\partial Z_2}{\partial \varphi_2} \sigma_{\varphi_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial Z_2}{\partial \lambda_2} \sigma_{\lambda_2}\right)^2};$$

$$\Delta Z_2 = \sigma_{Z_2} t_s(P, n).$$

В результате получаем относительные погрешности для Z_1, Z_2, \bar{Z} :

$$Z_1 = (96 \pm 11)\text{м}; \delta_1 = \pm 11/96 * 100\% \approx \pm 11,5\%;$$

$$Z_2 = (111 \pm 17)\text{м}; \delta_2 = \pm 17/111 * 100\% \approx \pm 15,3\%;$$

$$\bar{Z} = (101 \pm 9)\text{м}; \delta_z = \pm 9/101 * 100\% \approx \pm 8,9\%.$$

Таким образом, уменьшение относительной погрешности измерения местоположения судна за счет

комплексной обработки информации от радионавигационной станции «Лоран-С» и судовой измерительной системы по сравнению с относительными погрешностями судна, полученными только с помощью радионавигационной станции «Лоран-С» и только с помощью судовой измерительной системы составляют от 29% до 72%.

Геометрическая интерпретация полученного выигрыша в точности измерения навигационных

параметров за счет комплексной обработки представлена на рис. 2.

На рис. 2:

d_1 (отрезок АВ) – доверительный интервал для результата Z_1 (от 85 до 107 м);

d_2 (отрезок CD) – доверительный интервал для результата Z_2 (от 94 до 128 м);

d_3 (отрезок EF) – доверительный интервал для результата Z_2 (от 92 до 110 м).

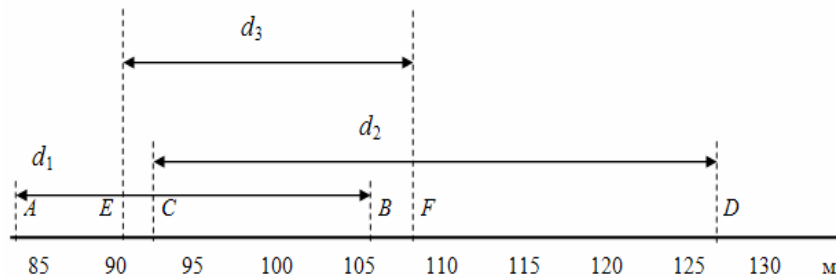


Рис. 2. Геометрическая интерпретация полученного выигрыша в точности

Выводы

Из рис. 2 становится понятным, что доверительный интервал «взвешенного» результата Z (отрезок EF) меньше доверительных интервалов результатов Z_1 (отрезок АВ) и Z_2 (отрезок CD), следовательно имеет место повышение точности измерений с помощью усовершенствованного метода повышения безопасности движения судна за счет использования комплексной обработки навигационной информации, получаемой из разных источников.

Комплексная обработка навигационной информации, получаемой из разных источников также может быть использована для повышения эффективности эксплуатации наземных средств получения навигационной информации от космических аппаратов.

Список литературы

1. Кривенко Н.В. Разработка метода адаптивного оптимального управления в системах с распределенными параметрами / Н.В. Кривенко, С.М. Кучерук // Системи озброєння і військова техніка. – 2013. – № 2 (34). – С. 107-110.
2. Кривенко Н.В. Анализ динамической надежности инвариантной системы управления / Н.В. Кривенко, С.М. Кучерук // Дев'ята наукова конференція Харківського університету Повітряних сил ім. І. Кожедуба «Новітні технології – для захисту повітряного простору»: тези доп, 17-18 квітня 2013 року. – Х.: ХУПС, 2013. – С. 243.
3. Кучерук С.М. Особливості аналітичного забезпечення експлуатації суден у сучасних умовах / С.М. Кучерук // Водний транспорт. – К.: КДАВТ, 2013. – Вип.3 (18). – С. 205-210.

Поступила в редколлегию 30.01.2014

Рецензент: д-р техн. наук, доц. Д.П. Пашков, Национальный университет обороны, Киев.

МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ СУДНА

С.М. Кучерук

У статті наведені особливості експериментальних досліджень можливості підвищення безпеки руху судна. Визначено склад базового експериментального комплексу, а також особливості режимів функціонування цього комплексу. Проведена перевірка працездатності запропонованого методу підвищення безпеки руху судна за рахунок використання комплексної обробки навігаційної інформації, одержуваної з різних джерел. Даний метод може бути застосований для підвищення ефективності експлуатації наземних засобів отримання навігаційної інформації від космічних апаратів.

Ключові слова: методика, навігаційні дані, безпека руху судна.

INSPECTION PROCEDURE EFFECTIVE FUNCTIONING SECURITY ENHANCEMENT TECHNIQUES CARGO TRAFFIC

S.M. Kucheruk

The article shows the features of the experimental research opportunities to improve traffic safety of the cargo ship. The composition of the base of the experimental facility, as well as singularity modes of operation of the complex. Conducted performance testing proposed adjoint method of increasing the safety of the cargo ship through the use of complex processing of navigational information received from different sources. This method can be applied to improve operation efficiency of terrestrial navigation means receive data from the spacecraft.

Keywords: methods, navigation information, traffic safety vessel, the design procedure.